

# ЧУДЕСНОЕ ВЪ НАУКѢ

(ПОПУЛЯРНАЯ ФИЗИКА)

ЭМИЛЯ ДЕБО.



ИЗДАНИЕ

Высоч. утв. Т-ва И. Н. КУЩНЕРЕВЪ и К<sup>о</sup> въ Москвѣ.



МОСКВА.



Типо-литографія Высочайше утвержд. Т-ва И. Н. Кушнеревъ и К<sup>о</sup>,  
Пименовская ул., собств. доми.

1892.



*И.Д.Д.*

2017

*И.Д.Д.*

ЧУДЕСНОЕ ВЪ НАУКѢ.

Дозволено цензурою. Москва, сентября 8 дня 1892 года.

# О Г Л А В Л Е Н І Е.

## КНИГА ПЕРВАЯ.

### Фонографъ.—Телефонъ.—Телефонографія.—Телефотъ.

#### ГЛАВА ПЕРВАЯ.

##### Фонографъ.

	<i>стр.</i>
Фонографъ	1
Антильскіе острова въ парижской палатѣ депутатовъ	2
На разстояніи цѣлыхъ тысячъ верстъ мы будемъ слышать и видѣть	4
Фонографъ на всемірной парижской выставкѣ 1889 года	6
Биографія Эдиссона	7
Природа звука. Колебанія	12
Звукъ не распространяется въ безвоздушномъ пространствѣ	13
Опыты Хладни. Узлы и узловые линіи	14
Воспріяніе звуковъ: слуховой аппаратъ	15
Періодъ колебаній	17
Фоनावтографъ Леона Скотта изъ Мартинвилля	18
Дрожащій стержень записываетъ свои колебанія	—
Первый фонографъ Эдиссона	21
Палеофонъ Шарля Кро	22
Грамофонъ Берлинера	24
Усовершенствованный фонографъ Эдиссона	26
Запись музыкальныхъ піесъ фонографомъ	30
Польза фонографа	33
Слово „голло“	34
Графофонъ Семнера Тэнтера	—
Фонографъ предсказанъ одной газетой еще въ 1632 году	36

#### ГЛАВА ВТОРАЯ.

##### Телефонъ.

Телефонъ	37
Слышимость звуковъ. Голосъ	38
Какъ распространяются въ воздухъ колебанія	39
Звукоспособныя тѣла	—
Молекулы, разновидности соединеній молекулъ, сила сщѣпленія	—
Упругость—условіе звукоспособности. Упругость воздуха	40
Путь, проходимый молекулой, выведенной изъ положенія равновѣсія. Инерція	—
Колебанія большой амплитуды. Катастрофа на Анжерскомъ висѣющемъ мосту	41
Механизмъ распространенія колебаній. Водяныя волны	—



#### IV

Передача движенія безъ переноса вещества	стр. 44
Опыты Гюйгенса: передача, обмѣнъ движеній	45
Распространеніе звука. Волны сгущенныя, волны расширенныя	46
Утилизация звуковой энергіи	48
Мотофонъ Эдисона. Двигатель Кили	—
Цилиндрическая воздушная волна. Прямолинейная водяная волна	50
Рупоръ. Слуховыя трубы и рожки	—
Мегафонъ, доносящій звуки до воздухоплавателей	52
Скорость звука въ воздухѣ и въ водѣ	—
Опыты Уитстона и Тиндала	54
Демонстрація М. Липпманна: распространеніе звука въ твердыхъ тѣлахъ	55
Основаніе игрушечнаго телефона	—

#### ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

##### Магнитные телефоны.

Магнитный телефонъ Грэгга Белли	57
Магниты. Ориентированіе намагниченной полоски	58
Магнитныя притяженія и отталкиванія	59
Магнитный спектръ	60
Магнитное поле. Линія силы	—
Поперечное и круговое намагниченіе круглыхъ пластинокъ	61
Явленія магнитнаго наведенія	62
Звуковое колебаніе, вызывающее колебаніе магнитное	63
Механизмъ телефона	64
Магнитное колебаніе, воспроизводящее колебаніе звуковое	—
Высота звука	65
Опытъ Коркю и Меркадье, опредѣляющій высоту нотъ, издаваемыхъ скрипкой	—
Основаніе сирены	66
Тембръ звука	67
Напряженность звука. Опыты Меркадье	70
Телефонъ Гоуэра	71
„Коронный“ телефонъ Фелпса	72
Телефонъ Адера	—
Телефонъ д'Арсонваля	—

#### ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

##### Телефоны съ элементами.

Элементы	73
Вольтовъ элементъ	—
Соединеніе элементовъ послѣдовательное, параллельное и смѣшанное	74
Элементъ Даниэля. Элементъ Буассона	75
Элементъ Калло	76
Бутылочный элементъ	—
Элементъ Локланше	—
Элементъ Шаперона и Лаланда	—
Открытіе Эрстеда: дѣйствіе электрическаго тока на магнитную стрѣлку	77
Электро-магнитизмъ	—
Магнитъ съ элементомъ	78
Открытіе Ампера: сходство соленоидовъ съ магнитами	79
Соленоидъ. Бобина или катушка	—
Механизмъ телефона съ элементомъ	—
Индукціонная катушка: наводящая и наводимая	81
Приготовленіе искусственныхъ магнитовъ	82

	<i>стр.</i>
Электро-магнитъ	82
Микрофонные передатчики	83
Микрофонъ Юза	84
Микрофонъ съ гвоздями	85
Микрофонъ „Хозяйское ухо“	—
Передачикъ Адера	86
Передачикъ Кросслея	87
Передачикъ Поля Бера и д'Арсонваля	88
Передачикъ Вертона-Адера	—
Передачикъ Эдиссона	—
Телефонныя станціи и бюро	92
Акустическій телеграфъ Меркадье со множественной передачей (мультиплексный)	95

#### ГЛАВА ПЯТАЯ.

##### Телефонографія.—Свѣтовой телефонъ.—Термофонъ.

Мотографъ Эдиссона	104
Принципъ мотографа	107
Опыты М. Гаммера	108
Телефонографическая передача изъ Нью-Йорка въ Филадельфію	—
Свѣтовая сирена	110
Свѣтовой телефонъ	111
Сообщеніе между военными постами посредствомъ свѣтового телефона .	—
Термофонъ М. Меркадье	—

#### ГЛАВА ШЕСТАЯ.

##### Телефотъ.

Видѣніе весьма удаленныхъ и видѣніе чрезвычайно мелкихъ предметовъ. — Телефотъ. — Телефотъ. — Микроскопъ	—
Явленія отраженія и преломленія свѣта	115
Мнимое симметричное изображеніе въ плоскихъ зеркалахъ	116
Вызовъ привидѣній въ театрѣ	118
Зеркальный телефотъ	120
Волшебная трубка, калейдоскопъ.	—
Изображеніе въ вогнутыхъ сферическихъ зеркалахъ	121
Изображеніе въ выпуклыхъ зеркалахъ	122
Чечевицы. — Сопряженные фокусы и сопряженные плоскости	123
Маяки. Коллиматоры	127
Оптический центръ двояковыпуклой чечевицы	129
Построеніе изображенія въ собирательной чечевицѣ	—
Примѣненіе собирательныхъ чечевицъ	131
Построеніе изображенія въ разсѣвающей чечевицѣ	—
Волшебный фонарь	—
Изображеніе предметовъ на сѣтчаткѣ. Хрусталикъ. Зрительный нервъ	135
Дополнительные цвѣта	136
Изобрѣтеніе телескопа	137
Галилеева труба, образованіе изображеній	139
Астрономическая труба, ходъ лучей	—
Телескопъ Ньютона.	—
Каустическая или фокусная поверхность чечевицы. Аберраціи хроматическія и сферическія	142
Бинокуляръ	144
Окуляры Рамсдена, Гюйгенса	—
Камера клара Пуллье	146
Телескопы Гершеля, Лорда Росса	147
Объективные зеркала Леона Фуко	—

Величайшій телескопъ въ мірѣ: труба Ликской обсерваторіи	стр. 148
Явленіе миража	150
Идея телефота	152
Принципъ передачи изображенія: электрофосфоръ	153
Иллюминаторъ Эйртона и Перри	154
Кривыя или фигуры Лиссажу	155
Манометрическая капсула Кёнига	—
Дѣйствіе вращающагося плоскаго зеркала	156
Дѣйствіе колеблющихся зеркалъ	157
Построеніе телефота	158
Передачочный аппаратъ телефота: отправленіе изображенія	160
Приемный аппаратъ телефота: полученіе изображенія	161
Микроскопъ. Луна или окуляръ Кеплера	162
Ходъ лучей въ сложномъ микроскопѣ	165
Увеличиваніе посредствомъ микроскопа.	—
Виды телескопическій и микроскопическій	167

## КНИГА ВТОРАЯ.

### Электрическая энергія.

#### ГЛАВА ПЕРВАЯ.

##### Энергія.

Матерія и энергія	171
Сохраненіе матеріи и энергіи	172
Образцовый городъ	—
Механическая энергія	174
Потенціальная энергія или энергія положенія, дѣйствительная или кинетическая энергія	—
Превращенія потенціальной энергіи въ энергію дѣйствительную и обратно	175
Взрывчатныя системы: бездымный порохъ	176
Ружье Лебеда и нѣмцкое ружье	177
Опытъ Бертело съ крошечеромъ	178
Безмѣрныя количества энергіи, предлагаемой природою къ услугамъ промышленности	179

#### ГЛАВА ВТОРАЯ.

### Электрическая энергія.

Первые шаги науки объ электричествѣ	182
Опыты Грея	185
Первая электрическая искра, извлеченная изъ человѣческаго тѣла	188
Двойное электризованіе, электрическая полярность	190
Электрическія притяженія и отталкиванія	—
Голубь Архиты	192
Электроскопъ съ соломенной. Электрическій маятникъ	195
Электрическая проводимость	197
Электризованіе положительное. Электризованіе отрицательное	199
Измѣренія притяженій и отталкиваній	200
Вѣсы Кулона. Единица заряда	202
Электричество распредѣляется на вѣшной поверхности проводящихъ	204
Разность потенциаловъ между двумя проводниками	206
Свойство островъ по наблюденіямъ Франклина	210
Электрическія машины: машина Рамсдена	211
Машина Нэрна	212
Машина Винтера	213

	<i>стр.</i>
Машина Ватъ-Марума. Машина Армстронга	214
Электрическое поле. Электризованіе вліаніємъ	216
Электрическія машины съ вліаніємъ. Электрофоръ	220
Машина Берча	223
Машина Каррѣ	224
Машина Гольца (первый видъ, второй видъ, машина о четырехъ кругахъ).	225
Машина Фосса	229
Машина Уимсгорста о двѣнадцати кругахъ	—
Электрическіе конденсаторы. Лейденскія банки	231
Электрическая торпеда. Снарядъ для пробиванія стеклянныя пластинокъ	237
Передача энергіи на разстояніе посредствомъ машинъ Уимсгорста	—
Принципъ электрическихъ прерываній. Прерыватели	239
Коммутаторы Румкорфа, Бертона	241
Катушка Румкорфа	242
Экстра—токъ прерыванія	243
Энергія электрической искры	248
Полярное сіяніе	253
Лучистая матерія. Опыты Вильяма Крукса	256
Различныя формы электрической искры. Шаровидная молнія	261
Полученіе воды путемъ пропусканія электрическихъ искръ въ смѣсь водорода и кислорода. Опытъ Лавуазье	268
Аппаратъ Бертело для полученія электрическихъ истеченій	269
Теплородная энергія токовъ. Законъ Джауля	270
Электролизъ. Основной законъ Фарадея	272
Вольтметры. Поляризація молекулъ	274
Энергія, произтекающая отъ поляризаціи электродовъ	280
Капиллярный электрометръ Липманна	281
Вторичные элементы. Газовая батарея Грова	282
Эдиссоновскій электро-химическій измѣритель силы тока	—
Электролитическія свойства токовъ	283
Электролизъ фтористоводородной кислоты	284
Гальванопластика	286
Аккумуляторы	289
Магнитныя поля, производимыя магнитами и электрическими токами	292
Буссоль склоненія. Буссоль наклоненія	294
Основанія электрическихъ двигателей. Электрическіе двигатели	298
Законъ Ленца. Токи Фуко	309
Магнито-электрическія машины	313
Динамо-электрическія машины	317
Передача электрической энергіи на разстояніе	325
Трансформаторы	331
Опасность, представляемая электричествомъ. Смертная казнь посредствомъ электричества	335
Электрическій свѣтъ. Электрическое освѣщеніе	341
Альтернативные токи. Опыты Илайю Томсона	348
Телеграфъ	351

## КНИГА ТРЕТЬЯ.

### Свѣтовая энергія. — Физическія величины.

#### ГЛАВА ПЕРВАЯ.

#### Свѣтовая энергія.

Свѣтовая энергія	361
Опытъ Ньютона: разсѣяніе свѣта	362

Одношвѣтные пучки свѣта	стр. 363
Солнечный спектр	—
Спектр раскаленныхъ твердыхъ тѣлъ	363
Цвѣта тѣлъ. Дополнительные цвѣта	—
Спектр раскаленныхъ газовъ или паровъ	—
Спектроскопъ Кирхгоффа. Спектроскопъ, дающій большое разсѣяніе и прямое видѣніе	364
Свѣтовые, тепловые и химическія свойства спектра	365
Инфракрасная и ультрафиолетовая части спектра. Энергія лучей.	—
Мгновенная фотографія. Цвѣтная фотографія	366
Фосфоресценція. Флуоресценція	—
Черныя линии солнечнаго спектра. Теллурическія линии	367
Принципъ спектральнаго анализа	368
Опытъ Фуко: обращеніе цвѣтныхъ линий спектра	—
Спектр поглощенія	369
Солнечная атмосфера. Ея составъ	—
Двойное преломленіе шпата. Лучи обыкновенный и необыкновенный	370
Поляризація свѣта: прямолинейная и поперечная колебанія	—
Цвѣтная поляризація: эллиптическія колебанія	373
Вращательная способность: тѣла, вращающія плоскость поляризаціи вправо, и тѣла, вращающія влѣво	374
Магнитное вращеніе плоскости поляризаціи	—
Спираль Эйри.	375
Опытъ Френеля съ зеркалами	—
Законъ цвѣтныхъ колець Ньютона	376
Аналогія явленій оптическихъ и акустическихъ: принципъ интерференціи	377
Объ эфирѣ.	378
Измѣреніе скорости распространенія свѣта.	—
Методы астрономическіе и физическіе	380
Явленія интерференціи свѣта. Диффракція или уклоненіе свѣта: сѣтка. Нормальный спектръ	382
Радужные цвѣта нѣкоторыхъ насѣкомыхъ и различныхъ предметовъ	—
Распространеніе свѣтовой энергіи въ пространствѣ. Поверхность волны	383
Аналогія между волнами свѣтовыми и электрическими	384
Опыты Гертца	—

## ГЛАВА ВТОРАЯ.

### Физическія величины.

Величины арифметическія, геометрическія, механическія, электрическія	388
Образцовый метръ, хранящійся въ Интернаціональномъ бюро вѣса и мѣры. Верньеръ	390
Сферометръ. Дѣлительная машина. Сравнитель. Радіанъ. Гоніометры (угломѣры)	391
Основная единица. Единицы производныя	393
Время и масса	—
Движенія абсолютное и относительное	396
Записывающіе движеніе аппараты	396
Ходографъ	397
Сейсмографъ	—
Система G. G. S.	398
Эргъ: единица энергіи	400
Дина: единица силы	—
Маятникъ Маскара (на Эйфелевой башнѣ)	—
Динамометры	401
Барометры. Манометры	403
Гальванометры	406

Електро-динамометры	стр. 408
Измѣреніе сопротивленія электрическому току и электродвижущей силы	409
Законъ Ома	411
Электрометръ. Электроскопъ	413
Законный (легальный)омъ	416
Ящики сопротивленія	—
Кулоны, фарады, вольты. Джауль, Уаттъ	417
Амперметры	418
Вольтметры	—

## КНИГА ЧЕТВЕРТАЯ.

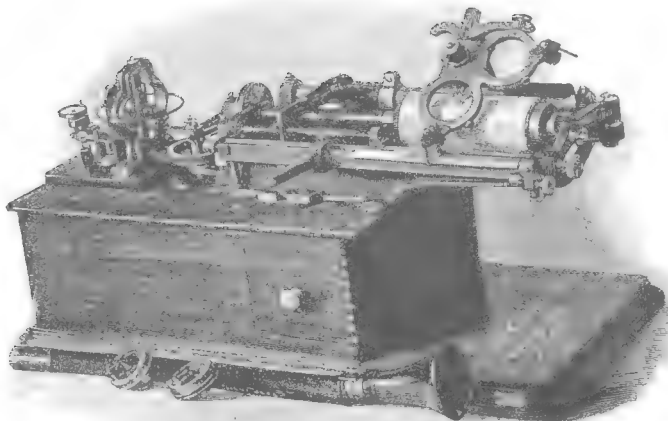
### Тепловая энергія.

Тепловая энергія	421
Тепло и холодъ	—
Расширяемость твердыхъ тѣлъ, жидкостей, газовъ	422
Плавление (таяніе). Отвердѣваніе. Кристаллизація	425
Испареніе. Кипѣніе	428
Законы Гей-Люссака	429
Сферическое состояніе жидкостей. Опыты Бутинъ	430
Перегонка (дистилляція)	431
Аппаратъ Карре для приготовленія льда	433
Сжиженіе газовъ: Опыты Кальете, Бертело, Пикте	434
Температура. Термометры	436
Пирометръ	446
Компараторъ	447
Абсолютное расширеніе жидкостей	449
Конвекція (механическій переносъ теплоты)	450
Коэффициентъ расширенія газовъ	451
Законы плавленія	452
Смерзаніе льда	453
Законы отвердѣванія	454
Гигрометры. Гигроскопъ	455
Психрометръ	457
Папинъ котель или разваритель	459
Упругость паровъ	461
Теплопроводность тѣла	465
Единица теплоты: калорія	467
Теплоемкость	—
Теплота, развиваемая треніемъ	469
Опыты Румфорда. Опыты Джауля	470
Опыты Гирна. Опыты Виолля	471
Принципъ эквивалентности работы и теплоты	473
Работа термическихъ машинъ	—
Термія	474
Законъ Карно. Цикль Карно. Энтропія	—
Заключеніе	477

### Физическіе опыты безъ аппаратовъ.

1. Субъективныя изображенія	497
2. Извлеченіе электрической искры изъ листа бумаги	498
3. Летящій голубь Архиты	499
4. Полученіе электрическаго свѣта-молніи при помощи листа бумаги и монеты	500

	<i>стр.</i>
5. Наипростейшая электрическая машина—Вольтовъ электрофоръ	501
6. Искусственный магнитъ изъ желѣзной проволоки	502
7. Волюсной маятникъ	503
8. Электрическое притяженіе: пляска ваторжниковъ	504
9. Электрическія бомбы	505
10. Электрическая проводимость: наэлектризованная птица	506
11. Электрическое отталкиваніе: наэлектризованный бумажный снопъ	507
12. Атмосферное давленіе: ударъ мулакомъ	508
13. Опытъ Раблэ	509
14. Преломленія свѣта, разсѣивающія чечевицы	510
15. Свѣтящійся фонтанъ	511
16. Возвратный ударъ и громоотводъ	512
17. Франклиновъ паукъ	513
18. Поднятіе груза ничтожною силою	514
19. Опрокинутая булавка	515
20. Движеніе вдоль магнитныхъ полюсовъ	516



Фиг. 1.—Фонографъ.

По фотографіи, сдѣланной въ лабораторіи Эдиссона (Льюэлитъ-Паркъ, Ореиджъ), 7 декабря 1888 г.

## КНИГА ПЕРВАЯ.

Фонографъ.—Телефонъ.—Телефонографія.—Телефотъ.

### Глава I.

#### Фонографъ.

Часы на парижскихъ колокольняхъ бьютъ два. Въ только-что открывшемся засѣданіи палаты депутатовъ, въ Бурбонскомъ дворцѣ, происходитъ обсужденіе колониальнаго бюджета. Говорятъ оба представителя острова Мартиники...

Перенесемся мысленно чрезъ Атлантическій океанъ и высадимся въ главномъ городѣ о. Мартиники—Форъ-де-Франсѣ. Здѣсь башенные часы губернаторскаго дома показываютъ 9 час. 45 мин. \*).

Колонисты, собравшіеся въ большой [залѣ, молча слушаютъ. Кого? Что? Хотя изъ нихъ самихъ никто ничего не говоритъ, однако же въ этомъ залѣ гулко раздается какой-то таинственный голосъ; онъ говоритъ ясно и отчетливо. Затѣмъ начинаетъ говорить другой, столь же таинственный голосъ, который, въ свою очередь, внезапно прерывается третьимъ. Въ эту минуту варваръ рукоплесканій оглашаетъ стѣны обширнаго зала; кое-гдѣ слышится шумъ... Но вотъ невидимый звонокъ призываетъ къ молчанію, и все стихаетъ.

\*) Такъ какъ различіе въ счетѣ времени, часовъ, въ различныхъ мѣстахъ земного шара обуславливается географической долготой данного мѣста, а Форъ-де-Франсъ лежитъ западнѣ Парижа въ 63°24', то въ то время, когда для жителей Парижа уже два часа пополудни, въ главномъ городѣ французской колоніи еще только 9 час. 45 мин. утра.



Мы хорошо знаемъ, что изъ присутствующихъ въ этомъ собраніи никто не говорилъ. А между тѣмъ, страннымъ образомъ, мы слышали здѣсь и аплодисменты, и шумъ, точно вѣрное эхо невѣдомо гдѣ гремѣвшихъ рукоплесканій, невѣдомо гдѣ происходившаго шума. Должно быть, дошедшіе сюда таинственные голоса полны глубокаго смысла и жгучаго интереса для собравшихся здѣсь колонистовъ. Иначе быть не можетъ.

Но въ такомъ случаѣ, откуда же идутъ эти голоса? Что они говорятъ?

Въ глубинѣ залы (фиг. 2) на трибунѣ установленъ ящичный приборъ, вышнюю въ 18 дюймовъ. Повидимому, онъ очень легкій и устроенъ весьма просто. Всѣ присутствующіе смотрятъ на этотъ таинственный предметъ и, можно сказать, *слушаютъ* его.

Возможное ли дѣло? Неужели изъ него выходятъ эти удивительные голоса? Подойдемъ поближе. Да, нѣтъ сомнѣнія: изъ него! Но зная это, мы, однако же, не знаемъ еще, откуда и отъ кого они пришли.

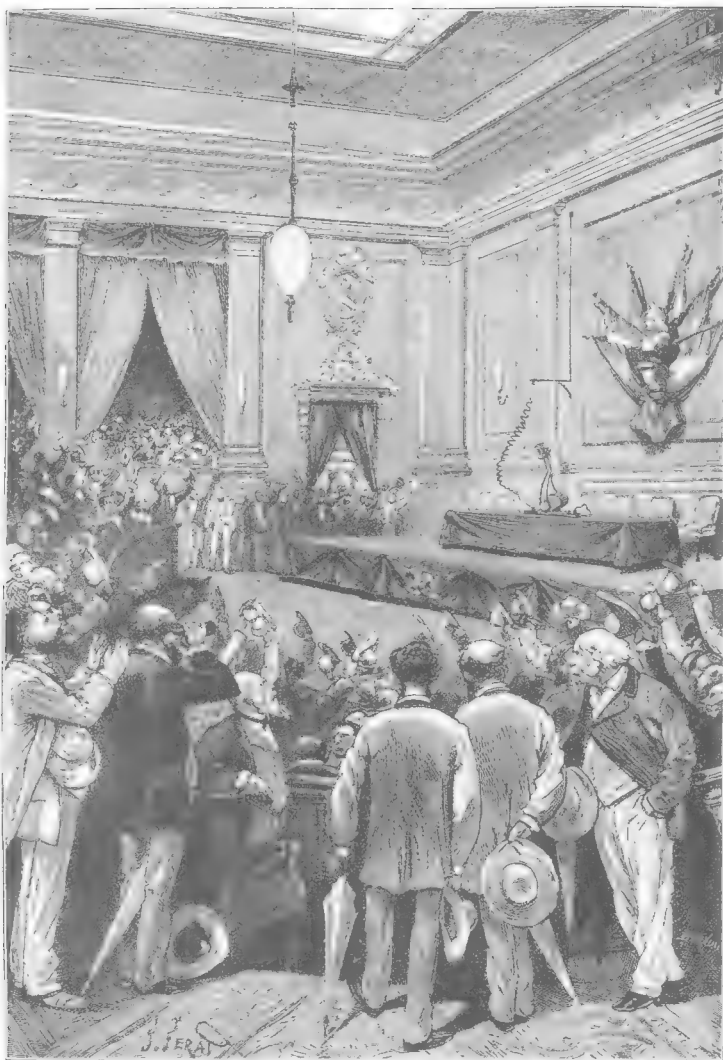
Уже одинъ поверхностный взглядъ на устройство этого прибора устраняетъ всякое подозрѣніе объ обманѣ. Нельзя предположить, что эти голоса, несомнѣнно человѣческіе голоса, принадлежатъ какимъ-нибудь шарлатанамъ, спрятавшимся подъ трибуну или вообще гдѣ-нибудь въ залѣ, такъ какъ голоса явно проникли сюда *извне*. Но для того, чтобы они могли дойти сюда, непременно должны существовать какой-нибудь способъ сообщенія этого зала съ внѣшнимъ міромъ. Дѣйствительно, присматриваясь ближе, мы замѣчаемъ дѣйствительныя проволоки, соединенныя съ приборомъ. Одна изъ этихъ проволокъ кончается у основанія трибуны, уходя подъ полъ. Очевидно, что ея намъ заниматься бесполезно. Обратимся же къ другой: только она могла направить, привести въ залъ эти голоса. Когда мы узнаемъ, откуда идетъ *эта* проволока, мы будемъ знать, откуда идутъ голоса.

Отъ прибора проволока направляется въ смежный залъ. Здѣсь она соединяется со сложной системой, въ которой особенно бросается въ глаза небольшой, тонкой работы, снарядъ, установленный на ящикѣ; главная часть этого снаряда представляетъ собой латуный цилиндръ, облицованный слоемъ бѣловатаго воска. Надъ цилиндромъ, находящимся во вращательномъ движеніи, перемѣщается пластинка изъ посеребренной мѣди, имѣющая форму большихъ очковъ. Затѣмъ проволока отходитъ отъ другаго прибора, совершенно сходнаго съ тѣмъ, какой мы видѣли на трибунѣ.

Куда она идетъ теперь? Она входитъ въ стѣну и проходитъ черезъ нее. Прослѣдимъ тотъ путь, который она пробѣгаетъ за стѣной.

Пройдя часть города, она вступаетъ на мѣстную телеграфную станцію, затѣмъ, къ нашему изумленію, вскорѣ входитъ въ подводный кабель въ Сентъ-Пьеръ.

Неужели голоса, дошедшіе къ намъ, прошли черезъ глубины океана?—Кабель погружается въ Атлантическое море, проходитъ (за островомъ Кубою) Мексиканскій заливъ и вступаетъ на мысъ Флориду. Отсюда, уже, въ качествѣ воздушной телеграфной линіи, онъ идетъ вдоль восточнаго берега Соединенныхъ Штатовъ до мыса Кодъ; здѣсь американская линія соединяется съ французскимъ кабелемъ, который проходитъ черезъ Атлантическій океанъ и выходитъ на сушу въ Брестъ.—Ничто не мѣшаетъ намъ предположить непрерывность, тождественность проволоки, отошедшей отъ острова Мартиники, и мы можемъ сказать, что прослѣдили ея путь до самой Франціи. Что же дѣлается съ ней потомъ? Изъ подводной она дѣлается воздушной, и изъ Бреста направляется въ Парижъ, гдѣ вступаетъ въ главное управленіе почты и телеграфовъ. Но ея путь на этомъ еще не кончается. Она покидаетъ улицу Гренель, уходя въ землю для того, чтобы вскорѣ появиться. Гдѣ бы вы думали? Въ Бурбонскомъ дворцѣ, въ палатѣ депутатовъ! Здѣсь ея путь кончается. Вотъ она, наконецъ, вступаетъ въ приборъ, который помѣщается подлѣ самой національной трибуны, и, повидимому, воспринимаетъ звуки, возникающіе въ залѣ. Вотъ гдѣ проволока начинается, вотъ гдѣ она возникаетъ, вотъ тотъ исходный пунктъ, отъ ко-



Фиг. 2.—Жители острова Мартиники слушают посредством *телефонографии* речи своих представителей въ заседаниях палаты депутатов въ Парижѣ.

тораго она отправляется въ овой далекой путь — за десятокъ тысячъ верстъ. Итакъ, мы знаемъ, откуда отправляется проволока. Но вѣдь только это и нужно было намъ знать для того, чтобы знать происхождение тѣхъ голосовъ, которые мы слышали *тамъ*, за океаномъ, на одномъ изъ Антильскихъ острововъ. Значитъ, нѣтъ сомнѣнія, голоса вмѣстѣ съ проволокой первоначально выходятъ изъ палаты депутатовъ. Да, это бесспорно такъ: вотъ еще продолжается обсужденіе колониальнаго бюджета, и въ голосахъ ораторовъ мы узнаемъ знакомые голоса, только-что слышанные нами за тысячи верстъ отсюда. Теперь мы въ состояніи объяснить себѣ рукоплесканія и шумъ въ собраніи колонистовъ Форъ-де-Франса, мы понимаемъ, какой интересъ заключался для нихъ въ таинственныхъ голосахъ: эти голоса принадлежатъ представителямъ острова Мартиники, отстаивающимъ адъёс, въ палатѣ депутатовъ, интересы своей родины.

Этотъ слуховой „телефонографическій“ способъ сообщенія, о которомъ мы говорили только въ общихъ чертахъ, умышленно откладывая подробное его объясненіе, станетъ дѣйствительностью въ весьма недалекомъ будущемъ. Тогда мы будемъ обладать средствомъ слышать, воспроизводить и сохранять слова, сказанныя на родинѣ, гдѣ бы мы ни находились. Путешественники, переселенцы, отправляющіеся въ дальніе края, получатъ возможность знакомиться съ политическими преніями, происходящими въ родной странѣ, слушать, вѣрнѣе, какъ бы присутствовать на бесѣдахъ, которыя будутъ вестись въ академіяхъ, ученыхъ и литературныхъ обществахъ, слушать, на разстояніи дѣяыхъ тысячъ верстъ, оперу или драматическое произведеніе.

Если уже подобная возможность представляется намъ чудомъ, то какъ же придется назвать то великое изобрѣтеніе (въ зародышѣ оно заключается уже въ теле фотѣ) \*), которое вдобавокъ дастъ намъ возможность видѣть на разстояніи! Мы будемъ слышать и видѣть! Отъ разстоянія останется одно названіе, или, по крайней мѣрѣ, оно будетъ существовать лишь какъ невозможность осознать... (фиг. 3). Таковы образомъ глубоко-истинныя слова Паскаля: „Умъ скорѣе утомится постигать, чѣмъ природа доставлять ему матеріалъ“ — найдутъ себѣ самое блестящее оправданіе.

Оставимъ пока въ сторонѣ гипотезу о возможности видѣть на большомъ разстояніи и вернемся къ дѣйствительному факту — слуханію. Есть полное научное основаніе допустить возможность слухового сообщенія между Мартиникой и Франціей, послѣ того, какъ въ февралѣ мѣсяцѣ 1889 года въ Институтѣ Франклина, въ Филадельфіи, многочисленная публика, совершенно покойно и не покидая мѣсто, не прорывая ни одного слога, ни одной ноты, слышала рѣчи и пѣе сы, сказанныя и спѣтыя въ Нью-Йоркѣ, т.-е. на разстояніи 155 верстъ \*\*).

Если подобный результатъ былъ достигнутъ вчера, то чего же нельзя будетъ достигнуть завтра? — Постараемся узнать, каковы образомъ происходили подобныя вещи. Каковы образомъ можно будетъ и даже можно уже и въ настоящее время направить и привести человѣческой голосъ съ такихъ громадныхъ разстояній: каковы образомъ французы, живущіе на островѣ Мартиникѣ, будутъ слушать своихъ депутатовъ, говорящихъ въ центрѣ Парижа; каковы образомъ жители Филадельфіи могли слышать голоса жителей Нью-Йорка; какъ, наконецъ, эти голоса, эти рѣчи можно будетъ сохранять, дѣлать столь же жизнеспособными, какъ письмо, и можно ли будетъ по желанію слышать ихъ опять, когда явится надобность. Рѣшенія этихъ трудныхъ задачъ, нужно ждать не столько отъ телефоніи, сколько отъ телефонографіи. *Телефонія* \*\*\*) передаетъ го-

\*) Въ 1889 г. французскій изобрѣтатель Куртовъ представилъ въ академію наукъ запечатанный конвертъ, содержащій описаніе *телефота* — прибора, дающаго возможность видѣть на разстояніи, какъ *телефонъ* — слышать. — Въ томъ же году Эдиссонъ сообщилъ о своемъ подобномъ же изобрѣтеніи, которое онъ пока держитъ въ секретѣ. Въ своемъ мѣстѣ мы рассмотримъ всѣ изслѣдованія о *телефотѣ* и укажемъ, что уже отдѣльно положительнаго въ этомъ направленіи.

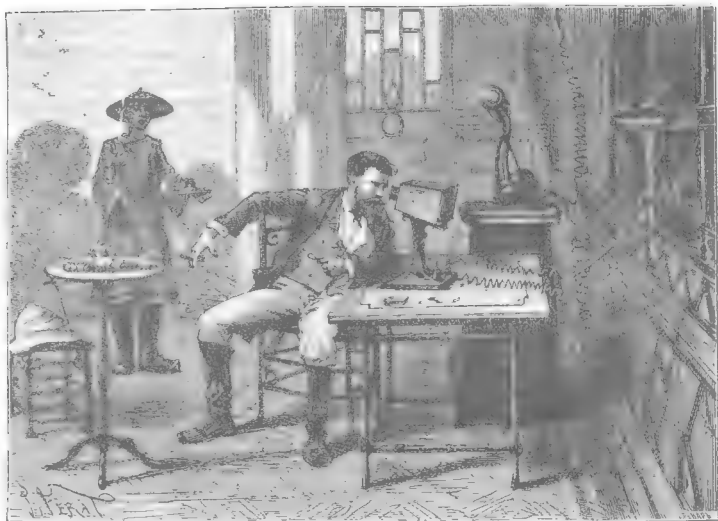
\*\*) 165 километровъ.

\*\*\*) Это слово происходитъ отъ двухъ греческихъ словъ: *τῆλε* (теле) — далеко и *φωνή* (фон) — голосъ: передача голоса на разстояніе.

лость, но не сохранять его. *Телефонография* \*) не только передасть голосъ, но и сохранять его и даетъ возможность воспроизводить его по желанію безъ окончное число разъ.

Очевидно, разница громадная — въ пользу этого новаго изобрѣтенія. При телефонографіи голосъ не кажется идущимъ издадека; здѣсь не такъ, какъ при дѣйствіи съ телефономъ: голосъ возникаетъ тамъ, гдѣ мы находимся, онъ выходитъ изъ прибора, стоящаго предъ нами, какъ будто изъ ящика. И дѣйствительно, тутъ уже не два человѣка переговариваются между собой, а два прибора, при чемъ одинъ воспроизводитъ на громадномъ разстояніи воѣ движенія другаго. Эти два удивительные прибора суть *фонографы*, а соединяющій ихъ аппаратъ — *телефонъ*. Сейчасъ мы ихъ опишемъ.

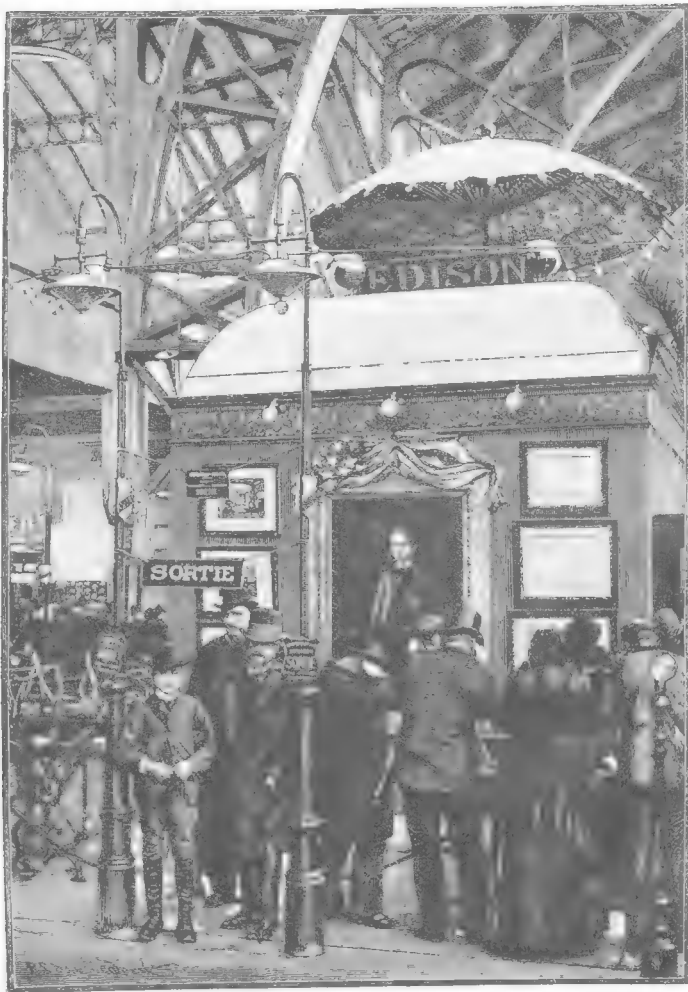
Среди удивительныхъ сокровищъ науки, промышленности и искусства, собранныхъ на чудной Всемирной выставкѣ 1889 года, одинъ небольшой приборъ, присланный изъ Америки, не мало привлекалъ къ себѣ вниманіе публики. Онъ находился въ машинной галлерей, въ помѣщеніи отведенномъ для экспонентовъ-



Фиг. 3.—На разстояніи цѣлыхъ тысячъ верстъ мы будемъ слушать оперу и видѣть драматическое произведеніе.

электриковъ. Около него толпилась масса народа, дожидаясь очереди. На небольшомъ ящикѣ изъ краснаго дерева былъ установленъ чрезвычайно тонко устроенный снарядъ. Отъ этого снаряда отходила длинная каучуковая трубка, развѣтлявшаяся на нѣсколько другихъ трубокъ (четыре, пять или шесть). Каждая изъ этихъ трубокъ расходилась на овозмъ концѣ въ двѣ короткія вѣтви, оканчивавшіяся трубками изъ китоваго уса. Группа изъ четырехъ, пяти или шести человѣкъ, дожидаясь очереди, получала каучуковую трубку, причемъ каждаго

\*) Отъ трехъ греческихъ словъ: *τῆλε*, *φωνή*, и *γράφω* (графо)—пишу—передача записаннаго голоса на разстояніе.



Фиг. 4. — Посѣтители Всенірной выставки 1889 г. слушаютъ фонографъ Эдисона въ машинной галлерей.

вставлялъ себѣ въ оба уха закругленные наконечники упомянутыхъ трубочекъ изъ китоваго уха. Слова произносились снарядомъ такъ чисто и отчетливо, они такъ походили на живую рѣчь человѣка, стоящаго тутъ же, подлѣ васъ, что у слушающихъ являлось непреодолимое желаніе вынуть трубки изъ ушей и убѣдиться, не сдѣлались ли они жертвами какого-нибудь шарлатанства, чревоущателства. У другихъ подобныхъ приборовъ публика слушала уже не слова, а игру цѣлаго оркестра, фортепіано, скрипки или какую-нибудь вывистанную арію. Удивленіе публики возросло вдвое, когда она узнала, что эти слова, мелодіи и аріи были сказаны, сыграны, высвистаны нѣсколько недѣль или нѣсколько мѣсяцевъ тому назадъ въ Америкѣ, въ Соединенныхъ Штатахъ. Этотъ необыкновенный приборъ былъ фонографъ \*) Томаса-Альвы Эдиссона (фиг. 4).

Изобрѣтеніе фонографа займетъ въ наукѣ одну изъ блестящихъ страницъ. То, что казалось неувольнимымъ, было схвачено: сначала свѣтъ, потомъ звукъ. Послѣ француза Дагерра, который изобрѣтеніемъ фотографіи нѣкоторымъ образомъ фиксировалъ колебанія свѣта, явился американецъ Эдиссонъ, который фиксируетъ и воспроизводитъ колебанія звука. Отнынѣ мы обладаемъ средствомъ задерживать на ходу эти звуковыя колебанія, сдѣлать ихъ неувольными и воспроизводить ихъ, когда и сколько разъ намъ будетъ угодно. XV вѣкъ необрѣлъ способъ печатанія написаннаго, XIX вѣкъ печатаетъ уже пропавшесныя слова. Благодаря этому-то открытію, станетъ возможно осуществленіе нашей мечты о слуховомъ *телефонографическомъ* способѣ сообщенія между Франціей и отдаленнѣйшими ея колоніями; благодаря ему, установится между всѣми цивилизованными народами общеніе—сначала, по крайней мѣрѣ, физическое, а впоследствии, быть можетъ, и духовное!

Жизнь Эдиссона, имя котораго связано съ большею частью великихъ открытій въ области современной физики \*\*), является намъ любопытный образецъ силы, труда и успѣха, достигнутаго, благодаря рѣдкой настойчивости.

Томасъ-Альва Эдиссонъ (изъ голландской семьи), родился въ Соединенныхъ Штатахъ, въ Миланѣ, небольшомъ городкѣ округа Оріе, штата Огайо, 11 февраля 1847 г. Несмотря на проживающуюся сѣдину, онъ смотритъ еще молодымъ. Несовершенно высокій лобъ изборозженъ морщинами—сѣдлами сосредоточеннаго и упорнаго труда; между бровями рѣзко выражена перпендикулярная складка, которую Лафатеръ считалъ признакомъ обширнаго ума; прямой носъ оканчивается тонкими, слегка раздувающимися ноздрями; чисто выбритое лицо оварено глубокими голубыми глазами. Въ общемъ это деликатный, застѣнчивый человѣкъ, отъ котораго вѣетъ почти женскою кротостью. Своимъ образованіемъ Эдиссонъ былъ обязанъ единственно своей матери, уроженкѣ штата Массачусетсъ, которая, подобно многимъ американкамъ, до своего замужества завѣдывала первоначальной школой. „Это образованіе, полученное мною въ родномъ домѣ,—сказалъ самъ Эдиссонъ,—дало мнѣ во сто кратъ больше того, чему я могъ бы научиться въ самой лучшей школѣ“. Его отецъ, по занятію портной, былъ человѣкъ небогатый. Поэтому Эдиссонъ двѣнадцать лѣтъ отъ роду поступилъ на желѣзную дорогу Главной Вѣтви въ качествѣ поѣздного мальчика. На пути отъ деревушки Портъ-Гуронъ до города Детруа онъ продавалъ пассажирамъ газеты, сигары и фрукты (фиг. 5). Но, не смотря на свое неважное званіе, Эдиссонъ былъ записанъ въ бібліотекѣ въ Детруа и прочелъ всѣ имѣвшіяся въ ней книги, хотя имъ была уставлена,—говорить онъ,—полкадиною въ пятнадцать футовъ и нѣсколько дюймовъ“. Въ числѣ этихъ книгъ были „Математическія начала естественной философіи“ Ньютона. Скоро у Эдиссона явилась мысль печатать въ вагонѣ лютюхъ новостей, краткое извлеченіе изъ имѣвшихся у него газетъ. Ему удалось достать шрифтъ, и онъ принялся за дѣло. Такъ какъ въ

\*) Слово образовано двумя греческими словами: *φωνή* (фонъ)—голосъ и *γράφω* (графо) пишу приборъ, записывающій голосъ.

\*\*) *Физика*—отъ греч. слова *φύσις* (физисъ)—природа. Физика изучаетъ силы природы и приможеніе этихъ силъ.

этомъ листки печатались воѣ телеграммы, получавшіяся на главныхъ станціяхъ, то онъ дѣйствительно представлялъ для пассажировъ интересъ дня и охотно покупался всѣми. Молодой журналистъ установилъ свой типографскій станокъ въ одномъ изъ угловъ стараго вагона. Этотъ старый вагонъ-типографія сдѣлался также вагономъ-лабораторіей, въ которой Эдиссонъ со страстію занимался своими физическими и химическими опытами. Однажды упала стѣлканка съ фосфорной кислотой, и вагонъ загорѣлся. Поездъ былъ остановленъ, и раскирпичившійся кондукторъ вышвырнулъ на дорогу самого типографа-физика вмѣстѣ со всѣми его типографскими принадлежностями и лабораторіей. Поездъ умчался безъ Эдиссона (*фиг. 7*).—Потерявъ службу на желѣзной дорогѣ, онъ основалъ въ Портъ-Гуронѣ другую газету подѣ названіемъ *Нескромный Павелъ*, но въ то же время продолжалъ заниматься физикой. Благодаря любезности одного начальника станціи, онъ получилъ возможность изучить телеграфное дѣло, и въ нѣсколько мѣсяцевъ сдѣлался искуснымъ телеграфистомъ. Въ это время (ему не было еще 15 лѣтъ) онъ ввелъ нѣсколько измѣненій въ передающій аппаратъ (передатчикъ),



Фиг. 5. — Двѣнадцатилѣтній Эдиссонъ, продающій газеты, ситеры и фрукты пассажирамъ на желѣзной дорогѣ Главной Вѣтви.

чѣмъ обратилъ на себя вниманіе электротехниковъ. Прослуживъ нѣкоторое время телеграфистомъ на мѣстной станціи, онъ перешелъ на службу въ Страффордѣ, затѣмъ въ Адрианъ, Индіанополисъ и Бостонъ.

Въ 1870 г. онъ отправился въ Нью-Йоркъ. Онъ уже имѣлъ привилегію на репетиторъ, на самопечатающую машину, двойную телеграфную систему (двойная передача, дуплексъ), но былъ лишентъ всякихъ средствъ къ жизни: нуждался въ хлѣбѣ, въ бѣлѣ. Его положеніе было гораздо хуже, чѣмъ въ то время, когда онъ продавалъ газеты на желѣзной дорогѣ Главной Вѣтви. Безуспѣшно искалъ онъ работы въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ у мастеровъ физическихъ инструментовъ и въ телеграфныхъ обществахъ. Однажды, когда онъ, получивъ обычный отказъ въ одномъ изъ подобныхъ обществъ, уже выходилъ изъ конторы,

его вернули и въ шутку предложили исправить испортившійся аппаратъ, отмѣчающій курсъ золотой монеты. Ни самъ изобрѣтатель прибора, Джорджъ Лотусъ, ни другіе техники не знали, отчего онъ испортился. Эдиссонъ въ нѣсколько минутъ изучилъ приборъ и тутъ же исправилъ его. Этотъ успѣхъ тотчасъ же доставилъ ему должностъ въ Обществѣ. Но, какъ не рѣдко бываетъ, за этимъ успѣхомъ послѣдовалъ другой: очень скоро Западное Товарищество, приступившее къ испытанію Эдиссоновой двойной телеграфной системы, купило у него право эксплуатаціи этой системы за ежегодную ренту въ 6000 долларовъ (около 12000 руб.).

Съ тѣхъ поръ богатство и слава Эдиссона начали быстро расти. Въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ онъ состоялъ въ качествѣ инженера-электротехника при двухъ большихъ торговыхъ Обществахъ—Западномъ Товариществѣ и Банкиро-акціонерномъ Обществѣ, получая, сверхъ постояннаго значительнаго оклада, извѣстную, условленную плату за каждое новое усовершенствованіе въ телеграфѣ.

Громадная фабрика—лабораторія Эдиссона, состоящая изъ массы построекъ съ высокими трубами, расположена на линіи Нью-Йоркъ—Филадельфія, въ 28 верстахъ отъ Нью-Йорка, близъ деревни Оранджъ въ штатѣ Нью-Джерсей. Она встроена въ 1876 г. Здѣсь, въ этой образцовой лабораторіи въ Льюилинъ-Паркѣ, Эдиссонъ собралъ всѣ лучшія принадлежности мастерскихъ, всѣ физическіе инструменты и химическіе аппараты, сдѣланные у лучшихъ европейскихъ и американскихъ мастеровъ. Вы найдете здѣсь замѣчательнѣйшіе приборы и самыя сильныя машины, при чемъ все размѣщено такимъ образомъ что, когда у изобрѣтателя явится какая-нибудь новая мысль, онъ будетъ имѣть подъ руками все, что ему потребуется для успѣшной работы по намѣченному плану. Все, что можетъ быть сдѣлано ремесленникомъ, техникомъ или химикомъ, все, что приготавливается на фабрикахъ и заводахъ, можетъ быть приготовлено въ этой лабораторіи. И всѣ эти предметы, осмысленные, по извѣстному выраженію Эдиссона, въ той мѣрѣ, въ какой имъ требуется, собраны въ Льюилинъ-Паркѣ. Понятно, какъ легко, быстро и уверенно производятся научныя работы въ подобной лабораторіи, гдѣ, смотря по желанію, можно сдѣлать часы или паровозъ. Расходы по лабораторіи въ настоящее время достигли четырехъ милліоновъ рублей, а производство опытовъ обходится, среднимъ числомъ, въ 12000 руб. въ мѣсяцъ. Можно сказать, что это наиболѣе полная и наиболѣе дорогая лабораторія въ мірѣ<sup>1)</sup>. Здѣсь Эдиссонъ сдѣлалъ свои замѣчательнѣйшія открытія, пользуясь компетентными указаніями работающих съ нимъ опытныхъ специалистовъ—физиковъ, механиковъ, химиковъ и математиковъ. Нѣсколько сотъ рабочихъ, служащихъ въ лабораторіи, получаютъ долю дохода со всякаго изобрѣтенія, въ которыхъ они участвуютъ своей работой.

Главныя качества Эдиссона—удивительная память и рѣдкая неутомимость въ работѣ. Пять-шесть сутокъ подрядъ не спать и почти не ѣсть за работой, сдѣлать одну за другой десять, двѣнадцать моделей, бросать ихъ и начинать работу съизнова, продолжая ее до тѣхъ поръ, пока не будетъ сдѣлано то, что нужно, что задумано,—это для него обычное дѣло. Большинство изобрѣтателей приходятъ отъ извѣстнаго къ неизвѣстному. Пользуясь извѣстными свойствами даннаго предмета, они стараются найти его приложенія и обнаруживать ихъ на практикѣ. „Эдиссонъ же“,—говоритъ Филиппъ Дариль,—всегда поступаетъ наоборотъ: наметивъ себѣ цѣль, почти мечту, онъ ищетъ то, что обладаетъ требующимися свойствами, ныряетъ въ океанъ-природу и на днѣ его находитъ желанную жемчужину. Океанъ-природа здѣсь фигуральное выраженіе. Мы разумѣемъ тѣ тридцать-сорокъ громадныхъ фоліантовъ, въ которыхъ въ строгомъ порядкѣ отмѣчены Эдиссономъ и его сотрудниками всѣ явленія, всѣ наблюденія, показавшіяся имъ достойными вниманія. Напримѣръ, они отмѣчаютъ, что слово-

<sup>1)</sup> На Всемирной выставкѣ 1889 г., въ специальномъ отдѣленіи Эдиссона, находилась довольно наивная картинка, написанная масляными красками, изображавшая эту лабораторію и снабженная слѣдующею надписью: «Новая лабораторія въ Льюилинъ-Паркѣ (Нью-Джерсей), предназначенная для научныхъ „опытовъ“, наиболѣе „полная“ и наиболѣе дорогая лабораторія „во всемъ мірѣ“.



новая кость, пролежавшая въ известномъ маслѣ шесть недѣль, становится прозрачна или тягуча; что шарикъ ртути, будучи подвѣшенъ въ водѣ, принимаетъ ту или другую форму подъ вліяніемъ электрическаго тока. Это записывается. Нѣтъ нужды, что непосредственной пользы отъ этого не видно: эта польза можетъ оказаться впоследствии. Такимъ образомъ, кроха по крохѣ создается чудесный арсеналъ фактовъ".—Сестра Эдиссона передаетъ слѣдующій фактъ. Однажды шестилѣтній Эдиссонъ куда-то пропалъ изъ дому. Долго его разыскивали и, наконецъ, нашли въ курятникѣ. Наблюдательный ребенокъ изображалъ изъ себя насѣдку, высиживающую цыплятъ. Сначала онъ присмотрѣлся, какъ это дѣлается, настоящей насѣдкой, а затѣмъ сталъ подражать ей, открывая такимъ образомъ искусственный выводъ цыплятъ. За этимъ первымъ открытіемъ послѣдовало множество другихъ и, въ настоящее время Эдиссонъ имѣетъ болѣе трехъ сотъ привиллегій на свои изобрѣтенія. Тѣмъ не менѣе, умъ Томаса А. Эдиссона является скорѣе умомъ подражательнымъ, чѣмъ творческимъ. Это видно изъ того, что врядъ ли можно указать хотя на одно изобрѣтеніе Эдиссона, которое не было бы уже предугадано и даже нѣкоторымъ образомъ приложено на практикѣ до него. Одно бесспорно: что безъ него эти открытія еще долгое время оставались бы въ зачаточномъ состояніи или на теоретической почвѣ, не выходя изъ академическихъ архивовъ и не останавливая на себѣ должнаго вниманія



Фиг. 6.—Изобрѣтатели фонографа.

Французъ Леонъ Скоттъ  
(1857 г.).

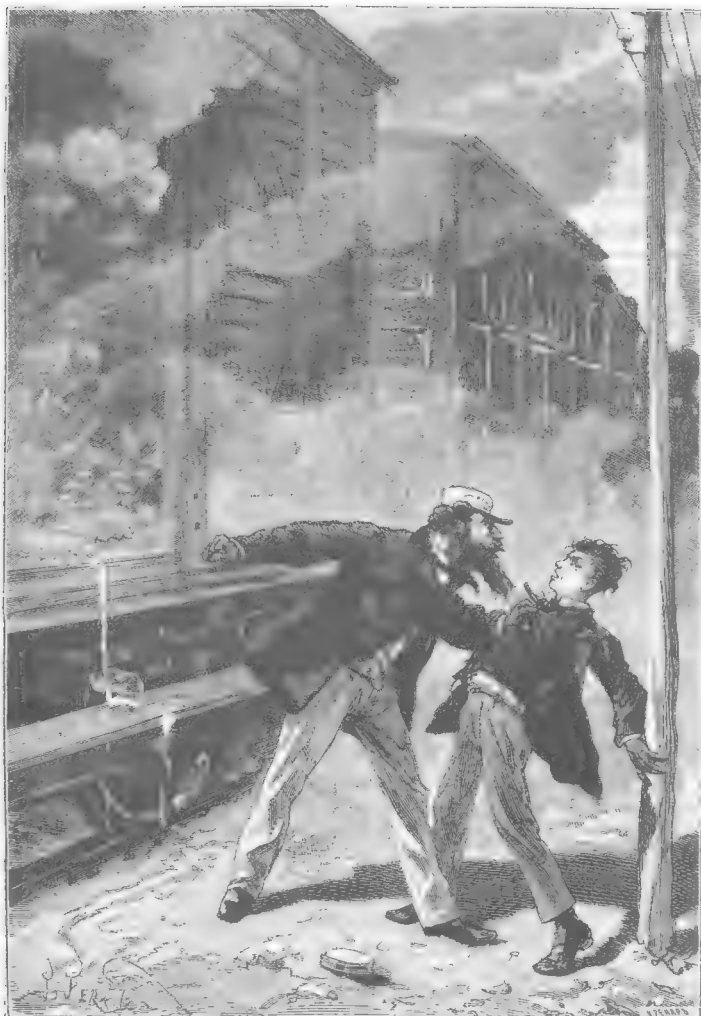
Французъ Шарль Кро  
(1877 г.).

Американецъ Эдиссонъ  
(1878 г.).

исслѣдователей. Обладая практическимъ умомъ американца, Эдиссонъ понялъ и оцѣнилъ какъ слѣдуетъ идеи своихъ предшественниковъ и, благодаря своей разумной смѣлости, добился ихъ практическаго осуществленія. Въ этомъ смыслѣ онъ вполне оправдываетъ свою славу.

Кому не известно какую важную роль играетъ случай въ исторіи великихъ открытій; какъ часто люди, прославившіе свои имена замѣчательными изобрѣтеніями, находили то, чего вовсе не искали. Но роль случая въ этомъ отношеніи должна быть понимаема лишь въ томъ смыслѣ, что исследователь добывающійся одного, наталкивается на другое, лишь благодаря своему пытливому уму, богатому воображенію и той массѣ наблюденій и научныхъ знаній, которыя хранятся въ памяти. Вотъ что даетъ возможность изъ „ничего“ извлечь идею о предметахъ огромной важности. Для милліона обыкновенныхъ людей это „ничего“, безъ сомнѣнія такъ и остается „ничѣмъ“.

31 іюля 1877 года Эдиссонъ получилъ привиллегію на изобрѣтенный имъ автоматически дѣйствующій аппаратъ, позволяющій чисто-механическимъ путемъ передавать дешево, полученную съ одной линіи, на другую. Телеграфный аппаратъ Морзе чертитъ линіи различной длины, соответствующія различнымъ буквамъ



Фиг. 7.—Разсвирѣпѣвшій кондукторъ вышвырнулъ типографа и физика Эдисона на дорогу, и поѣздъ ушѣлся безъ него.

алфавита. Приспособленіе къ аппарату Морзе, предложенное Эдиссоновъ, заключается въ слѣдующемъ.

По неглубокой винтовой нарезкѣ вращающагося цилиндра ходитъ неподвижно укрѣпленный штифтикъ, помѣщающійся передъ цилиндромъ; но между штифтикомъ и цилиндромъ протянутъ листъ бумаги, на которомъ штифтикъ дѣлаетъ углубленія, соответствующія диліямъ и точкамъ Морзова алфавита. Для того, чтобы воспроизвести сигналъ, стоитъ только помѣстить листъ бумаги предъ другимъ штифтикомъ, соединеннымъ съ маленькимъ приборомъ, называемымъ электрическимъ прерывателемъ. Пока штифтикъ не встрѣчаетъ углубленій на бумагѣ, электрическій токъ проходитъ свободно, но коль скоро штифтикъ входитъ въ углубленіе, токъ прекращается. Последовательныя замыканія и размыканія тока, диліи и точки именно столько времени, сколько диліи и точки первоначально данные сигналы, передаются на требуемую станцію. Такимъ образомъ, чисто-механическимъ путемъ, дѣшепа можетъ быть воспроизведена сколько угодно разъ.

Однажды, для забавы, а также для того, чтобы испытать искусство телеграфистовъ, чтобы убѣдиться, насколько быстро они будутъ въ состояніи принять и прочесть депешу, Эдиссонъ пустилъ свой аппаратъ съ необычной скоростью. Какъ только скорость сдѣлалась настолько значительной, что Морзовы сигналы сдѣлались неразличимыми, Эдиссонъ замѣтилъ, что аппаратъ издаетъ музыкальный тонъ, мѣняющійся съ характеромъ данныхъ сигналовъ. Неусомненный исследователь тотчасъ же ведумалъ замѣнять сигналы слѣдами, оставляемыми членораздѣльной рѣчью. Въ теченіе одного часа онъ устроилъ диафрагму, т.-е. натянутую на рамкѣ перепонку изъ бумаги, пропитанной масломъ или парафиномъ, а бумагу замѣнилъ оловянною пластинкой. Затѣмъ онъ началъ говорить надъ диафрагмой, сообщивъ цилиндру вращательное движеніе. Будучи прикрѣпленъ къ диафрагмѣ, штифтикъ долженъ былъ колебаться вмѣстѣ съ нею и, слегка пражимаясь къ оловянному листу, записывать на немъ эти колебанія. Такимъ образомъ былъ найденъ способъ графическаго изображенія звуковыхъ колебаній. Теперь требовалось воспроизвести ихъ. Эдиссонъ снялъ первую диафрагму и помѣстилъ надъ цилиндромъ другую, прикрѣпивъ къ центру ея тонкое и гибкое остріе. Цилиндръ былъ снова приведенъ во вращательное движеніе, и остріе, встрѣчая на оловянномъ листѣ углубленія и возвышенія, вычерченныя штифтикомъ, передавало диафрагмѣ колебанія, звуки. Машина заговорила: фонографъ \*) увидѣлъ свѣтъ.

Фонографъ поражаетъ тѣхъ, которые его понимаютъ, столько же, если не больше, чѣмъ тѣхъ, для которыхъ онъ непонятенъ.

Для пониманія фонографа нужно имѣть нѣкоторыя свѣдѣнія изъ акустики \*\*:), нужно знать что такое звукъ.

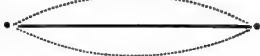
Сущность звука извѣстна давнымъ давно: это родъ колебанія вещества. Колебаніе есть быстрое маятникообразное движеніе. Колебаніе тѣла слогается изъ колебаній всѣхъ частицъ, образующихъ это тѣло. Подъ вліяніемъ удара или тренія эти частички насильно выводятся изъ того состоянія равновѣсія, въ которомъ они находились дотолѣ; поэтому каждая изъ нихъ, стремясь занять свое старое мѣсто, двигается, подобно маятнику, впередъ и назадъ; это значитъ, что она колеблется. Полное, или двойное колебаніе состоитъ изъ движенія впередъ и движенія назадъ; одно движеніе впередъ или назадъ называется простымъ ко-

\*) Этотъ первый фонографъ находится въ настоящее время въ Стуттенсингтоновскомъ музеѣ.

Въ американскія газетѣ по поводу этого открытія рассказывалось слѣдующее. Однажды, проводя свои опыты съ телефономъ, Эдиссонъ былъ такъ сильно уколотъ въ палецъ штифтикомъ у диафрагмы, приведенной голосомъ въ сильное колебаніе, что брызнула кровь. Изъ этого неважнаго обстоятельства Эдиссонъ заключилъ, что колебанія диафрагмы обладаютъ достаточной силой для того, чтобы оставлять на податливой поверхности слѣды, способные изображать движенія воздушныхъ волнъ, производящихъ голосомъ, и достаточно глубокие для того, чтобы по нимъ можно было механически воспроизводить воздушныя колебанія, а, значитъ, рѣчь.

\*\*) Акустика—отъ греч. слова *ἀκουή* (акуэйъ)—слышать—есть ученіе объ образованіи звука, его свойствѣхъ и распространеніи.

лебаниемъ. Нерѣдко колебанія тѣла бываютъ доступны нашему зрѣнію или осязанію. Такъ, напримѣръ, простая пеньковая нить (фиг. 8), натянутая между двумя неподвижными точками и приподнятая за середину, начинаетъ дрожать замѣтнымъ для глаза образомъ; точно также будетъ дрожать мѣдная пластинка, укрѣпленная на одномъ концѣ, если по другому ея концу ударить смычкомъ или пальцемъ. Ударъ по стѣнкѣ хрустального стакана (фиг. 9), вывода изъ равновѣсія частички стекла, заставляетъ ихъ колебаться, такъ что ноготь, приставленный къ стакану, получаетъ быстрые, послѣдовательные толчки. Въ этомъ случаѣ колебанія осязаются нами.



Фиг. 8.—Дрожаніе (колебаніе) натянутой пеньковой нити.

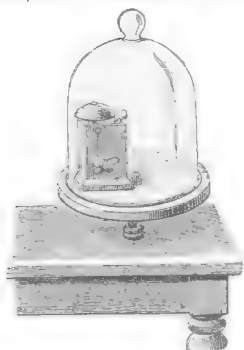
Какимъ же образомъ эти видимыя и осязаемыя колебанія воспринимаются нашимъ ухомъ? — Благодаря воздуху, окружающему насъ со всѣхъ сторонъ.

Назадъ тому 1800 лѣтъ слишкомъ, философъ Сенека писалъ въ своихъ „Естественныхъ вопросахъ“: „Что такое звукъ голоса, какъ не сотрясеніе воздуха ударами языка? Какое пѣніе было бы возможно слышать, не будь этой упругой воздушной жидкости? Развѣ звуки рожка, трубы и гидравлическаго органа не объясняются все той же упругой силой воздуха?“ — Однако же, эта истина была доказана лишь спустя шестнадцать вѣковъ, послѣ того, какъ Отто Герике изобрѣлъ воздушный насосъ.



Воздушный насосъ, или пневматическая Фиг. 9.—Дрожаніе хрустального стакана. машина есть приборъ, посредствомъ котораго можно произвести пустоту, т.е. удалить воздухъ, содержащійся въ замкнутомъ пространствѣ.

Если подъ стеклянный колоколъ (фиг. 10) помѣстить металлическій звонокъ, который звонитъ безпрерывно, благодаря помѣщенному въ немъ часовому механизму, и съ помощью воздушнаго насоса выкачивать воздухъ, содержащійся подъ колоколомъ, то можно замѣтить, что звонъ становится все тише и тише по мѣрѣ того, какъ воздухъ разрѣжается. Наконецъ, наступаетъ такой моментъ, когда вы уже совершенно не слышите звонка, а между тѣмъ ясно видите, какъ молоточекъ по прежнему ударяетъ въ металлическій колпачекъ \*). Этотъ опытъ наглядно доказываетъ, что въ пустотѣ нѣтъ ни звука, ни вообще какого-либо шума. Но изъ этого еще не видно, какимъ образомъ колебанія превращаются въ звуки.



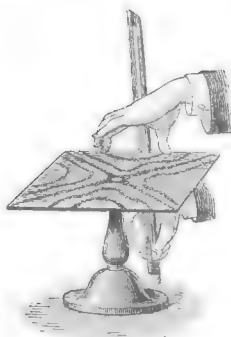
Фиг. 10.—Звонкъ, помѣщенный подъ колоколъ воздушнаго насоса.

Посыпавъ на стеклянную пластинку мелнаго песку, какъ дѣлалъ Хладни \*\*), и проводя смычкомъ по одному изъ ея краевъ (фиг. 11), мы вызовемъ въ ней колебанія. Вслѣдствіе этого песчинки приходятъ въ движеніе, соскакиваютъ съ однихъ мѣстъ и собираются на другихъ; тѣ ли-

\*) Для того, чтобы устранить возможность проведенія звуковъ черезъ подставку воздушнаго насоса, звонокъ ставится не прямо на подставку, а на кусокъ войлока, который, какъ всѣ мягкіе и неупругіе предметы, не проводятъ звука, заглушаютъ его.

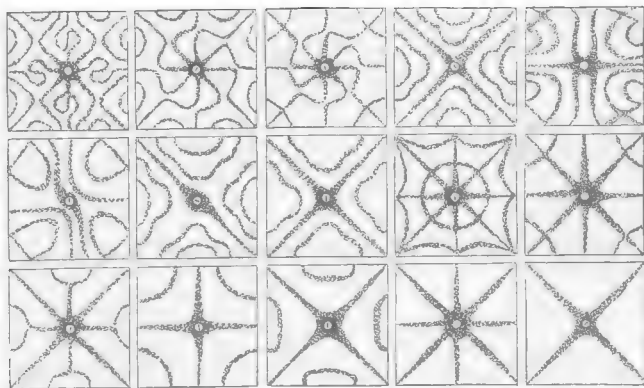
\*\*) Фридрихъ Хладни, германскій физикъ, родился въ 1756 г., умеръ въ 1827.

нѣм, по которымъ расположится песокъ, суть мѣста неколеблющіяся. Это явленіе зависитъ отъ того, что колеблющееся тѣло раздѣляется на известное число частей, изъ которыхъ каждая находится въ собственномъ ей колебательномъ движеніи, а между этими колеблющимися частями существуютъ точки и линіи, остающіяся въ покой; онѣ образуютъ какъ-бы шарниры, на которыхъ вращаются, колеблются въ противоположныя стороны двѣ смежныя частички тѣла; эти точки и линіи называются *узлами*, или *узловыми точками* и *линіями*. Колеблющаяся же часть пластинки, именно тѣ, съ которыхъ песокъ соскакиваетъ, называются *мучностями*, или *вздутіями*. Можно получить множество различныхъ фигуръ узловыхъ линій (*фиг. 12*) на одной и той же пластинкѣ, смотря по тому, какъ ее приводить въ колебаніе, какой увеличѣн наметить, кладя палецъ на определенное мѣсто; но данная фигура всегда соответствуетъ известному определенному звуку \*).

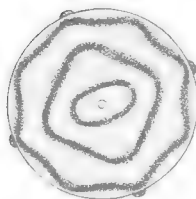


Фиг. 11.—Опытъ Хладни надъ квадратной пластинкой.

Мы только-что видѣли, что колебанія пластинки передаются песку; такъ же точно они передаются и тому слою воздуха, который прилегаетъ къ поверхности пластинки; этотъ слой воздуха со-



Фиг. 12.—Хладниевы фигуры на квадратныхъ пластинкахъ.



Фиг. 13.—Хладниевы фигуры на круглой пластинкѣ.

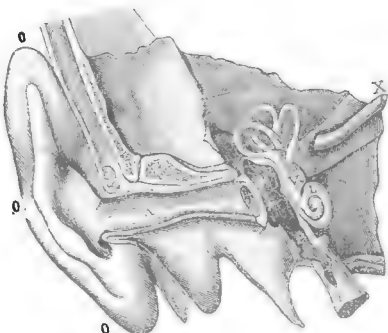
\*) Изучены не только узловыя линіи на квадратныхъ пластинкахъ, свободныхъ по краямъ, но и на круглыхъ. Если послѣднія не укрѣплены по окружности, то узловыя линіи, или *хладниевы фигуры* состоятъ изъ круговыхъ линій, окружностей, концентрическихъ пластинки, и изъ диаметровъ послѣдней. Изъ каждой такой пластинки можно являть только одинъ рядъ созвучныхъ другъ другу тоновъ, т.-е. такъ, въ которыхъ одному колебанію сѣмю инаго тона соответствуетъ определенное цѣлое число колебаній, различное для различныхъ высшихъ тоновъ. Но если пластинка укрѣплена неподвижно въ нѣкоторыхъ точкахъ по окружности, то узловыя линіи, какъ показывалъ Нертгеймъ, располагаются, образуя выемки (*фиг. 13*). По мѣрѣ того, какъ пластинку укрѣпляютъ по окружности все въ большемъ числѣ точекъ, стѣсняя такимъ образомъ ея собственныя дви-

общает полученные колебания слѣдующему, и такимъ образомъ колебания послѣдовательно передаются все дальше и дальше отъ одного слоя къ другому, пока наконецъ, не начнетъ колебаться тотъ слой воздуха, который непосредственно соприкасается съ нашимъ ухомъ.

Для пониманія того, что происходитъ дагѣ же нужно знать строеніе слухового органа.

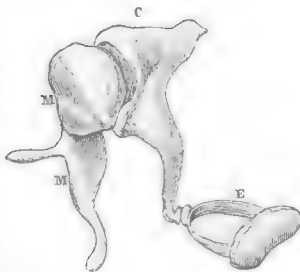
Въ слуховомъ органѣ (фиг. 14) различаютъ три отдѣла: наружное ухо, среднее ухо и внутреннее ухо. Наружное ухо состоитъ изъ *ушной раковины* О и *слухового прохода* А, который оканчивается *барабанной перепонкой* Т. Среднее ухо, которое дѣйствительно можно сравнить съ барабаномъ, называется *барабанной полостью*. Эта полость съ одной стороны ограничена барабанной перепонкой Т, а съ другой — костной стѣнкой Р, въ которой находятся два отверстия; изъ нихъ одно — о — называется *овальнымъ*, а другое — г — *круглымъ окномъ*; эти окна закрыты тоненькими перепонками. Въ нижней части полости находится отверстіе *Евстахіевой трубы* — такъ называется узкій каналъ, оканчивающійся въ глоткѣ и служащій такимъ образомъ для сообщенія барабанной полости съ наружнымъ воздухомъ. Наконецъ, въ этой полости расположена цѣпь изъ трехъ косточекъ (фиг. 15): *молоточка* М, *наковальни* С и *стремечка* Е; мускулы, прикрепляющіеся къ этимъ тремъ косточкамъ, сокращаясь, сообщаютъ имъ извѣстныя движенія, въ силу которыхъ то молоточекъ болѣе или менѣе прижимается къ барабанной перепонкѣ, то основаніе стремечка — къ перепонкѣ овального окна. Такимъ образомъ измѣняется чувствительность этихъ перепонокъ — сообразно болѣе или менѣе силѣ колебаній.

Внутреннее ухо, которое, подобно среднему, исполнѣ помѣщается въ твердыхъ частяхъ, въ височной кости, состоитъ изъ трехъ сообщающихся между собою полостей, называемыхъ *преддверіемъ* V, *полукружными каналами* В и *улиткою* L. Въ то время, какъ среднее ухо (*барабанная полость*) наполнено воздухомъ, внутреннее ухо выполнено жидкостью, въ которой плаваютъ многія тысячи тонень-



Фиг. 14.—Слуховой аппаратъ.

О. Ушная раковина. А. Слуховой проходъ. — Т. Барабанная перепонка. — Р. Костная стѣнка. — о. Овальное окно. — г. Круглое окно. — Е. Евстахіева труба. — V. Преддверіе. — В. Полукружные каналы. — L. Улитка. — X. Слуховой нервъ.



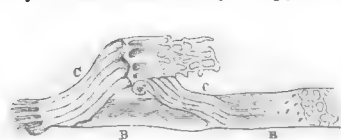
Фиг. 15.—ММ. Молоточекъ. — С. Накоевалъни. — Е. Стремячко.

женія, она пріобрѣтаетъ все болшую и болшую способность производить всякіе другіе звуки, отыскаться на нихъ. Этотъ важный фактъ объясняетъ намъ, почему пластинки, которыя должны обладать способностью колебаться подъ вліяніемъ всякихъ звуковъ (напр., пластинки у фонографа, у обыкновенныхъ телефоновъ), должны быть неподвижно укрѣплены, хорошо натянуты по окружности. Тѣмъ не менѣе, даже при этихъ условіяхъ, какъ показалъ Меркаль, пластинка все еще относится извѣрительно къ нѣкоторымъ тонамъ, особенно, такъ сказать, любимымъ ею, и, подъ вліяніемъ нихъ, колеблется въ болѣе широкихъ предѣлахъ, чѣмъ подъ вліяніемъ другихъ, звучащихъ одновременно съ ними.

кихъ волоконцевъ, составляющихъ окончанія одного изъ нервовъ, выходящихъ изъ головного мозга, — *слухового нерва*. Для того, чтобы въ головномъ мозгу получилось ощущение колебаній, необходимо, следовательно, чтобы эти колебанія дошли до внутреннего уха и чтобы подъ вліяніемъ ихъ жидкость, въ которой плаваютъ окончанія слухового нерва, въ свою очередь, начала колебаться. Для того, чтобы вполне ясно представить себѣ механизмъ слуха, мы должны прослѣдить путь этихъ колебаній въ различныхъ частяхъ слухового органа, находящихся между наружнымъ воздухомъ и слуховымъ нервомъ.

Мы оставили колебанія стеклянной пластинки, взятой нами для примѣра, въ тотъ моментъ, когда они достигли того слоя воздуха, который соприкасается съ нашимъ ухомъ. Теперь мы можемъ прослѣдить тотъ путь, по которому они станутъ распространяться. Слой воздуха, соприкасающійся съ ушной раковиной, передаетъ полученныя имъ колебанія слѣдующимъ слоямъ воздуха, которые уже находятся въ слуховомъ проходѣ; въ концѣ этого прохода колебанія ударяются въ барабанную перепонку, которая, будучи хорошо натянута и очень упруга, начинаетъ колебаться. Благодаря воздуху, наполняющему барабанную полость, и цѣпи изъ косточекъ, заложенныхъ въ этой полости, барабанная перепонка сообщаетъ свои колебанія перепонкамъ круглаго и овальнаго окна; эти двѣ перепонки, въ свою очередь, приходятъ въ колебаніе и передаютъ эти колебанія той жидкости, которая заключается во внутреннемъ ухѣ. Колебанія различной продолжительности, одновременно распространяющіяся въ этой жидкости, заставляютъ колебаться различныя волокна особой оболочки, такъ называемой *основной оболочки*, заложенной въ улиткѣ.

Опытъ показываетъ, что, если мы произведемъ различныя музыкальныя звуки около какого-нибудь струннаго инструмента, напр., арфы или фортепіано,



Фиг. 16. — Основная оболочка ВВ и Корціевы волокна СС.

то будутъ дрожать каждый разъ только тѣ струны, которыя соответствуютъ взятой нотѣ; такъ, струна, дающая ноту *la*, начнетъ дрожать только тогда, когда будетъ взята на какомъ-нибудь инструментѣ эта нота *la*. Если мы представимъ себѣ, что волокна основной оболочки играютъ ту же роль, что струны у арфы, то мы легко поймемъ, почему ухе обладаетъ способностью отличать особенность,

характеръ каждого звука, несмотря на массу доходящихъ до него звуковъ. Волокна основной оболочки В. В. (фиг. 16) передаютъ свои колебанія Корціевымъ волокнамъ С. С. Последнія, расположенныя надъ основной оболочкой двумя рядами, косо наклоненными другъ къ другу, на подобіе стропилъ крыши, сообщаютъ колебанія многочисленнымъ нервнымъ вѣточкамъ и окончаніямъ слухового нерва, которая, наконецъ, передаютъ ихъ мозговому веществу.

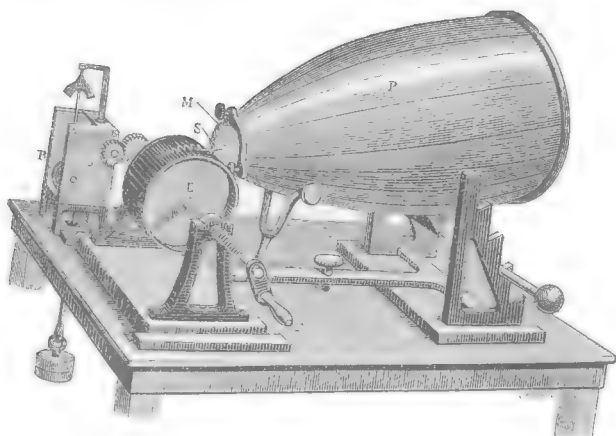
Итакъ, колебанія стеклянной пластинки достигли своей конечной цѣли. Подобно тому, какъ мы осязали пальцемъ колебанія хрустальнаго стаканна, мы осязали нашимъ ухомъ колебанія стеклянной пластинки. Этотъ родъ осязанія, свойственный нашему уху, называется *слухомъ* \*). Колебаніе, осязаемое ухомъ, называется *звукомъ*.

Итакъ, мы знаемъ теперь, что такое звукъ; когда мы увидимъ, какимъ способомъ можно уловить, записать звукъ, мы легко поймемъ дѣйствіе и устройство *фонографа*.

Возьмемъ колеблющееся тѣло и заставимъ его записать самостоятельно тотъ звукъ, который оно издаетъ; заставимъ его написать число, объемъ и силу своихъ колебаній. Сдѣлать это очень легко: представьте себѣ колеблющійся

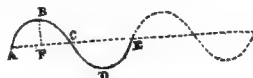
\*) Въ сущности наши органы *слуха, зрѣнія, обонянія и вкуса*, — суть не что иное, какъ различныя видоизмѣненія доведеннаго до совершенства органа *осязанія*.

стержень, укрѣпленный неподвижно на одномъ концѣ и снабженный на другомъ легкой бородкой пера, слегка прижимающейся къ закованной стеклянной пластинкѣ. Если пластинка неподвижна, бородка пера, прирѣванная къ дрожащему стержню, при каждомъ колебаніи стержня, при каждомъ маятнкообразномъ его движеніи, сотретъ немного копоти на протяженіи коротенькой прямой линіи, которую она будетъ чертить періодически; при такихъ условіяхъ колебанія будутъ записаны на пластинкѣ, но читать ихъ раздѣльно не будетъ возможности—они сольются. Если же пластинка будетъ перемѣщаться, то раз-



Фиг. 17.—Фонавтографъ Леона Скотта изъ Мартенвилля.

личныя точки, съ которыми приходила въ соприкосновеніе бородка пера въ различные, слѣдовавшіе другъ за другомъ моменты движенія, будутъ находиться въ различныхъ мѣстахъ на пластинкѣ; колебанія, слѣдовательно, будутъ раздѣльно и отчетливо записаны. Стержень напишетъ съ помощью пера на закованной пластинкѣ свои собственные колебанія, свои собственные звуки. Если бы записываніе должно было продолжаться нѣсколько минутъ, то пользоваться короткой стеклянной пластинкой было бы неудобно; поэтому ее замѣняютъ цилиндромъ (фиг. 19). Этотъ цилиндръ, насаженный на ось съ винтовыми нарѣзами, ввинчивающуюся въ неподвижно укрѣпленную гайку, обертывается закованной бумагой. Вращая придѣланную къ оси рукоятку, мы сообщаемъ цилиндру двоякое движеніе—вращательное вокругъ оси и горизонтальное, поступательное, параллельно оси; при каждомъ полномъ оборотѣ цилиндръ подвигается впередъ на высоту винтового хода, т. е. на длину, равную разстоянію между винтовыми нарѣзами. Металлическій стержень, неподвижно укрѣпленный на одномъ концѣ, снабженъ на противоположномъ тонкимъ острѣмъ, штифтикомъ, слегка прижимающимся къ поверхности цилиндра. Если при вращеніи цилиндра стержень не будетъ колебаться, штифтикъ начертитъ бѣлую правильно-спиральную линію на черномъ фонѣ; но коль скоро стержню будетъ сообщено дрожаніе съ помощью смычка, напримѣръ, спираль слѣдается волнообразной. Каждое поднятіе или опусканіе волны, какъ ABC, напр. (фиг. 18), представляетъ одно простое

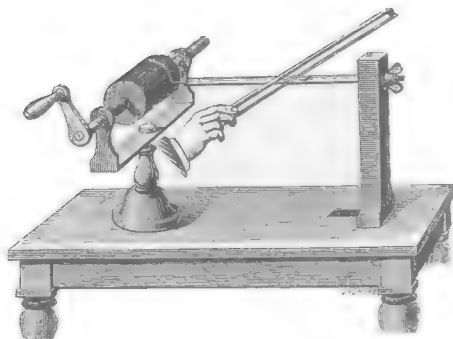


Фиг. 18.—ABC. Простое колебаніе.—ABCDE. Двойное колебаніе.



колебание; ВГ означаетъ наибольшее удаленіе колеблющагося стержня отъ первоначальнаго положенія, такъ называемую половинную амплитуду колебания; время, какое длится записываніе двойнаго колебания, называется *периодомъ*\*) записаннаго колебанія.

Итакъ, колеблющейся стержень самъ записалъ свои колебанія на законченной бумагѣ. Но эти колебанія были вызваны въ стержнѣ безъ посредства воздуха: мы просто проводили по нему смычкомъ. Какъ же записать такіа колебанія, которыя переданы тѣлу черезъ воздухъ, а не вызваны путемъ прямого соприкосновенія?



Фиг. 19.—Дрожащій стержень записываетъ свои дрожанія.

Мы видѣли, что Эдиссонъ, работая со своимъ цилиндрическимъ приборомъ, механически воспроизводящимъ принятую дѣлшу, рѣшилъ эту задачу. Говоря надъ бумажной перепонкой, онъ получилъ графическое изображеніе, т.-е. записъ звуковъ.

Но гораздо раньше Эдиссона, именно въ 1857 году, французскій типографъ Леонъ Скоттъ изъ Мартенвилля, разрѣшилъ эту задачу, придумавъ снарядъ, названный имъ *фоноавтографомъ* (самозаписывающійся голосъ). Фоноавтографъ,

фонографъ,—сходство поразительное! Но сходство заключается здѣсь не въ одномъ названіи. Биолль\*\*) свидѣтельствуетъ, что Эдиссонъ въ своемъ фонографѣ представилъ лишь легкое видоизмѣненіе снаряда Скотта, а Жамеиъ и Бути\*\*\*) говорятъ, что Эдиссонъ воспроизводитъ рѣчь способомъ, очень похожимъ на *фоноавтографъ* Скотта. Въ 1861 г. Леонъ Скоттъ, неутомимо работавшій надъ усовершенствованіемъ своего снаряда, сдѣлалъ новое сообщеніе о немъ въ академіи наукъ. Къ несчастію, лишенный всякихъ средствъ, всякой поддержки, онъ не могъ добиться практическаго осуществленія своей мысли, и умеръ, оставивъ въ глубокой нищетѣ жену (племянницу френолога Галля) и дѣтей. Но бѣднѣе еще успѣлъ быть свидѣтелемъ восторговъ, доставшихся на долю американскаго фонографа въ 1878 г., и успѣлъ еще написать книгу, въ которой скромно отстаивалъ свои права...

\*) Периодъ—отъ греческихъ словъ *περί* (около) —вокругъ и *ἵδως* (хождѣ) —пути—означаетъ обходъ, объѣздъ, затѣмъ теченіе, обращеніе звѣздъ, извѣстный промежутокъ времени. Понятіе *периодичности* есть основное понятіе въ наукѣ. Почти всѣ явленія природы въ действительности периодичны, что и создало возможность понятія о времени. *Годъ* есть *периодъ* обращенія земли вокругъ солнца, т. е. то время, какое земля употребляетъ для своего обращенія вокругъ солнца; *день* есть *периодъ* обращенія земли вокругъ своей оси; *день* равенъ 24 часамъ, или 1440 минутъ, или 86400 сек. *Мѣсяцъ* есть *периодъ* обращенія луны вокругъ земли и равенъ приблизительно 30 дней.

*Идеальная, или полярная линія* (земная ось), вокругъ которой земля совершаетъ свое суточное движеніе, также перемѣщается, но весьма медленно, возвращаясь къ извѣстному положенію черезъ 25765 лѣтъ (Вильямъ Фламмаріонъ, «Популярная астрономія»). Этихъ прихитровъ достаточно для того, чтобы показать важность понятія о *периодѣ*.

Но не годами, мѣсяцами или днями опредѣляется периодъ звуковыхъ колебаній, а долями секунды. Такъ, еслибы камертонъ *la*, дѣлающій 435 полныхъ колебаній въ секунду и предназначенный для настройки различныхъ инструментовъ въ оркестрѣ, колебался въ теченіе дня, онъ совершилъ бы 36 милліоновъ 784 тысячи колебаній. Въ такое же время камертонъ наиболѣе высокаго тона, послѣднего изъ доступныхъ нашему слуху звуковъ (38000 колебаній въ секунду), совершилъ бы 3 миллиарда 280 милліоновъ 200 тысячъ колебаній, а камертонъ самаго низкаго (16 колебаній въ

Для получения изображения звуковъ, колебаній, переданныхъ воздухомъ, Леонъ Скоттъ пользовался перепонками. Фоноавтографъ (фиг. 17) состоитъ изъ большой параболической трубки Р, на узкомъ концѣ которой натянута перепонка М. Къ наружной поверхности этой перепонки прикреплена посредствомъ вѣска очень легкій штифтикъ S, состоящій изъ щетинки, служащей пружинкой, и бородки пера. Послѣдняя при своемъ движеніи стираетъ копоть съ бумаги, покрывающей цилиндръ Е. Если заставить колебаться какое-нибудь тѣло, если говорить передъ отверстиемъ трубы, то колебанія станутъ распространяться въ воздухѣ, наполняющемъ трубу, до тѣхъ поръ, пока не ударятся о перепонку; послѣдняя тогда начнетъ дрожать вмѣстѣ, одновременно со штифтикомъ, прикрепленнымъ къ ея наружной поверхности, и штифтикъ будетъ записывать переданныя ему колебанія на бумажной обкладкѣ цилиндра, равномерно вращаемаго посредствомъ рукоятки или двигателя съ гирей В.

Мы нашли въ Национальной бібліотекѣ нѣсколько листовъ безъ заглавія, содержащихъ „сообщеніе, сдѣланное Эдуардомъ Леономъ Скоттомъ 28 октября 1857 г. въ Обществѣ поощренія національной промышленности“. Вотъ извлеченіе изъ этого разсужденія, свидѣтельствующаго о выдающемся умѣ автора.

„Милостивые государи! Я имѣю сообщить вамъ пріятную новость. Звукъ, подобно свѣту даетъ неистощающее изображеніе на растояніи: человеческая рѣчь сама записывается,—разумѣется говоря языкомъ аустинъ,—на чувствительномъ слѣб; послѣ долгихъ усилій, мнѣ удалось схватить слѣбъ почти всѣхъ воздушныхъ движеній, образующихъ звуки или шумъ. Наконецъ, тѣ же средства позволяютъ мнѣ получить, при извѣстныхъ условіяхъ, вѣрное изображеніе быстрыхъ движеній, движеній, настолько мелкихъ, что они недоступны нашимъ органамъ чувствъ, движеній молекулъ аэриума.

„Четыре года тому назадъ у меня явилась мысль фиксировать на чувствительномъ слѣбъ движенія воздуха во время пѣнія или разговора. Большинство тѣхъ лицъ, которымъ я показывалъ свой планъ, отзывались о немъ, какъ о безумной мечтѣ. Но я не придалъ значенія этому суровому приговору. Я знаю, что такъ обыкновенно встрѣчались людямъ самыя блестящія завоеванія человеческого ума, и мои слабыя попытки лишь раздѣляли участь многихъ великихъ открытій, на первый поваръ считающихся утопіями. Однако же, я долженъ признать, что этотъ краткій приговоръ не былъ лишненъ нѣкотораго подобія основательности. Въ самомъ дѣлѣ, что такое голосъ? Это періодическое движеніе окружающаго насъ воздуха, вызванное дѣйствіемъ одного изъ нашихъ органовъ. Но это движеніе очень сложное, быстрое, почти нерасчетное... Какъ же схватить полный, ясный и точный слѣбъ подобнаго движенія, когда и рѣшится не дрогнуть отъ него? Еслибы къ воздуху, окружающему насъ и скрывающему въ себѣ всѣ элементы звука, можно было приложить перо и острое, оно оставило бы слѣбъ своихъ колебаній на приспособленномъ для этого мягкомъ слѣбѣ. Но гдѣ найти точку опоры?.. Прикрепить перо къ этой блуждающей, неощутливой, невидимой жидкости—воздуху—это химера, это немислимое дѣло!.. Однако же, эта неразрѣшимая, повидимому, задача рѣшена природою.

„Разсмотрѣвъ внимательно человеческое ухо—это чудо изъ чудесъ. Я утверждаю, что наша задача имѣла свое рѣшеніе въ явленіи слуха, въ устройствѣ тѣхъ приспособленій, какия существуютъ въ нашемъ органѣ слуха. Въ сущности, дѣло чрезвычайно просто. Въ ухѣ мы прежде всего замѣчаемъ каналъ. Въ этомъ каналѣ звуковая волна, какъ она ни сложна, во всемъ его протяженіи проводится безъ измѣненія, безъ потерь, защищенная отъ всего, что случайно могло бы повредить ее. Подрывая природу, я также устраиваю каналъ и придаю ему воронкообразную форму, для того,

секунду)—только 1 миллионъ 382 тысячи 400 колебаній. Звуки ниже и выше этихъ предѣловъ нашимъ ухомъ уже не различаются, такъ что, еслибы человѣкъ былъ вдругъ перенесенъ на такую планету, гдѣ періоды звуковыхъ колебаній были бы менѣе одной 38000-ной доли секунды или больше одной 16-й доли секунды, то ему казалось бы, что вокругъ него царствуетъ полнѣйшая тишина.

Мы увидимъ, что для колебательныхъ движеній, обуславливающихъ зрительныя впечатлѣнія или извѣстныя электрическія явленія, періоды еще короче; такъ мы видимъ голубой дѣбъ, когда частицы эфира, этой предполагаемой среды, безъ которой была бы невозможна возможность большинства физическхъ явленій—дѣлаютъ 728 триллионовъ колебаній въ секунду; для желатаго дѣбъ достаточно уже 559 триллионовъ, а для краснаго только 497 триллионовъ колебаній (Жансень и Буті, „Физическая оптика“. 1887 г.). Эти числа такъ громадны, а періоды такъ ничтожны, что едва улавливаются въ нашемъ умѣ.—Подробное изученіе звуковыхъ колебаній, усилія механизма частотныхъ, или молекулярныхъ движеній вещества, даетъ намъ возможность, путемъ сравненія, познать надлежащимъ образомъ множество другихъ физическхъ явленій, играющихъ громадную роль въ природѣ.

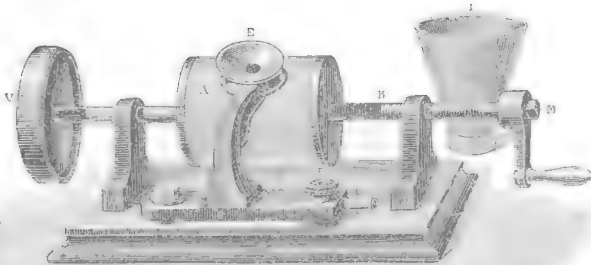
\*\*) Вюль. „Ученіе о звукѣ“. Гл. I.

\*\*\* „Курсъ физики программъ Политехнической школы“. Т. III.

чтобы сосредоточить звуки въ его узкомъ концѣ.—Теперь будемъ продолжать изученіе уха.—Въ концѣ наружнаго слухового прохода мы встречаемъ тонкую натянутую и наклонно расположенную перепонку. Что представляетъ собой эта тонкая, полунатянутая перепонка? Согласно живътому опредѣленію Миллера, это нечто смѣшанное, полутвердое и полужидкое. Обладая, подобно твердому тѣлу, значительной силой сдвѣсненія, она напоминаетъ жидкость по крайне легкой перемѣщаемости своихъ частицъ. Господа, сама природа указываетъ намъ тотъ свѣтлый лучъ, который выведетъ насъ на истинный путь. Точка опоры для нашего пера на движущейся жидкости найдена: это тонкая перепонка, помѣщенная въ концѣ нашего искусственнаго слухового прохода. Штифтики, прикрѣпленные къ этой перепонкѣ, будутъ чертить слѣды своихъ движеній на слоѣ копоти, покрывающемъ какое-либо тѣло (металлическое, деревянное, бумажное). И для того, чтобы различные слѣды не сливались между собой, этому тѣлу сообщается равномерное движеніе\*.

Сдѣлавши нѣсколько обихихъ замѣчаній изъ области акустики и указавъ нѣкоторые примѣры примѣненія своего снаряда, Скоттъ заключилъ свою рѣчь слѣдующими словами:

„Стоя предъ книгой природы, для всѣхъ открытой, я счелъ возможнымъ попытаться читать въ ней. Задача, которую я себѣ поставилъ, тяжела для моихъ силъ: я не совершу всего, что остается сдѣлать. Соболаговолите обсудить какъ то немногое, что я уже осуществилъ, такъ и то, что мнѣ представляется вполне осуществимымъ, и, если вы найдете возможнымъ раздѣлить хотя нѣкоторую часть моихъ надеждъ, соболаговолите вспомнить, что, посвящая вамъ свой первый трудъ, я прошу васъ: помогите мнѣ“.



Фиг. 20.—Первый фонографъ Эдиссона (1878 г.).

Отвѣтомъ на это сообщеніе былъ благопріятный для „Фонавтографическихъ опытовъ“ Скотта докладъ, сдѣланный Лиссажу отъ имени Комитета экономическихъ искусствъ 6 января 1858 г.)

Итакъ, запись колебаній, переданныхъ при посредствѣ воздуха, сдѣлана приборомъ Скотта—*фонавтографомъ*.

Въ то время еще никто не задумывался надъ обратной задачей; какъ воспроизвести эти записанные колебанія? Какъ сдѣлать доступными для уха эти колебанія, замѣтные только для глаза?

Ясно, что еслибы можно было заставить перепонку повторить свои колебанія, продѣлать вновь тѣ движенія, которыя она совершала во время записыванія звуковъ, то ухо восприняло бы тѣ же колебанія, т.-е. мы услышали бы тѣ же самые звуки.

Только въ 1878 г. въ первомъ фонографѣ Эдиссона былъ найденъ способъ не только получать слѣдъ, запись колебаній какого-нибудь тѣла или колебаній голоса, но и пользоваться этимъ слѣдомъ для точнаго повторенія, воспроизведенія этихъ колебаній. Этотъ первый *фонографъ* состоитъ изъ латуннаго цилиндра А

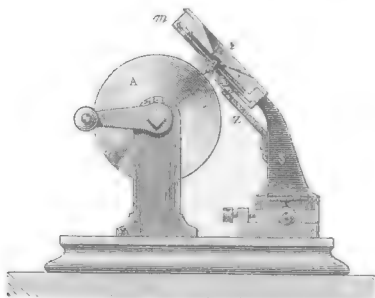
\* ) „Протоколы Общества поощренія національной промышленности“. т. V, 2 я серия, 1858 г.

(фиг. 20), надѣтаго на ось съ винтовой нарѣзкой В. На поверхности цилиндра вырѣзана неглубокая витая, спиральная бороздка, съ такимъ же разстояніемъ между витками (съ такимъ же ходомъ), какъ и у винтовой нарѣзки на оси. Следовательно, если вращать цилиндръ при помощи рукоятки, приделанной къ концу оси, то спиральная бороздка, при каждомъ оборотѣ цилиндра, подвинется впередъ на длину, равную ея ходу. Цилиндръ обтянутъ листомъ изъ сплава олова со свинцомъ лишь настолько туго, чтобы ходъ бороздки былъ ясно замѣтенъ. Понятно, что когда не очень острый штифтикъ будетъ нажиматься на мягкую обкладку цилиндра въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ подъ ней нѣтъ твердаго металла, т. е. на пути витой бороздки, онъ будетъ производить вдавленія на мягкой обкладкѣ, которыя не исчезнутъ.

Леговый шипущій штифтикъ S (фиг. 21) сдѣланъ изъ твердаго металла. Онъ прикрѣпляется къ концу прямой пружинки, которая, при посредствѣ двухъ маленькихъ каучуковыхъ колецъ *aa*, прикрѣпляется къ другой металлической пластинкѣ, передъ которой производятся колебанія. Эта тоненькая пластинка М образуетъ дно воронкообразной трубки, или амбушюра Е. Всѣ эти части, образующія записывающій механизмъ, поддерживаются стойкой S, установленной передъ цилиндромъ А.

Штифтикъ устанавливается безъ нажатія какъ разъ противъ начала спиральной бороздки, вырѣзанной на поверхности цилиндра, и тогда все готово для дѣйствія. Если мы будемъ говорить предъ амбушюромъ, вращая въ то же время рукоятку въ прямомъ направленіи, то металлическая пластинка будетъ воспринимать колебанія голоса и, при посредствѣ каучуковыхъ колецъ и пружинки, передавать ихъ штифтику. Последний будетъ отмѣчать ихъ на мягкой обкладкѣ цилиндра, оставляя на ней болѣе или менѣе рѣзкія углубленія. Характеръ этихъ углубленій будетъ зависеть отъ качества произведенныхъ звуковъ. Такимъ образомъ рѣчь будетъ записана.—Хотите ее воспроизвести? Приведите цилиндръ въ его первоначальное положеніе, вращая рукоятку въ противоположную сторону. При этомъ стойка должна быть отодвинута для того, чтобы штифтикъ не касался обкладки цилиндра. Затѣмъ установите штифтикъ противъ начала бороздки и вращайте рукоятку въ ту же сторону, какъ и въ первый разъ. Какъ только концы штифтика встрѣчатъ слѣды, оставленные имъ на обкладкѣ, онъ то поднимается, то опускается, смотря по тому, встрѣчаетъ ли онъ возвышенія или углубленія; и такъ какъ онъ связанъ съ другой пластинкой, онъ сообщаетъ ей эти дрожанія, заставляя ее произвести рядъ точно такихъ же движеній, какія она совершила подъ вліяніемъ словъ, сказанныхъ передъ нею. Пластинка передаетъ эти колебанія воздуху; колебанія воздуха доходятъ до нашего уха—и звукъ воспроизведенъ: мы слышимъ рѣчь.

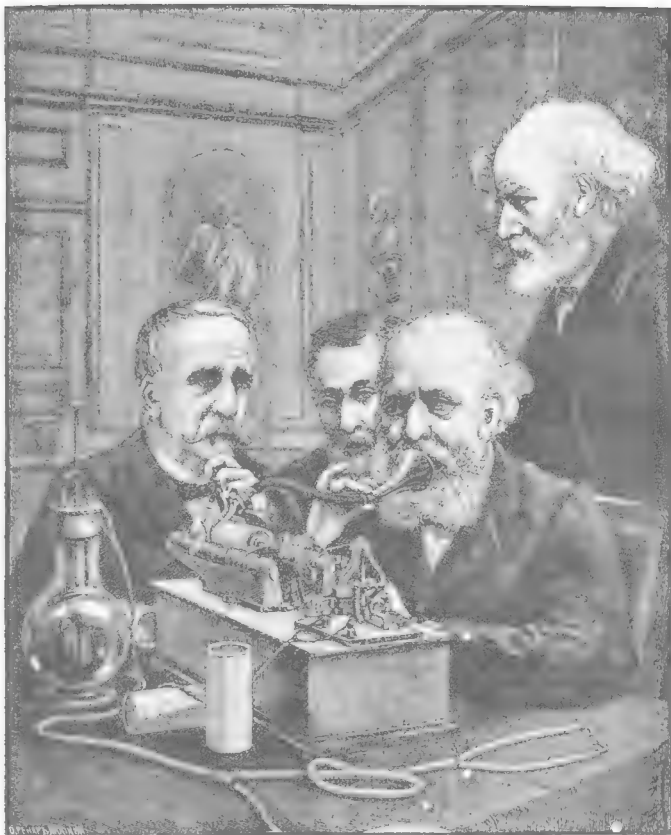
Только 15 января 1878 г. Эдиссонъ получилъ привилегію на свой первый фонографъ. Но уже 30 апрѣля 1877 года французъ Шарль Кро \*) представилъ въ академію наукъ запечатанный конвертъ. Этотъ конвертъ, по просьбѣ Кро, былъ вскрытъ 3 декабря того же 1877 года. Въ немъ оказалось описаніе способа



Фиг. 21—Первый фонографъ въ разрѣзѣ.

\*) Родился въ Фабрезанъ (Одѣ) 1 октября 1842 года, умеръ 9 августа 1888 года.

воспроизведения рѣчи; авторъ описывалъ изобрѣтенный имъ *фонографъ*. Намъ представляется столько же важнымъ, сколько и любопытнымъ, привести самый текстъ этого описанія.



Герцогъ Омальскій.

Де-Клаузо.

Гуно.

Янсенъ.

Фиг. 22.—Испытаніе фонографа въ Академіи изящныхъ искусствъ (27 апрѣля 1889 г.).

„Въ общемъ“,—писалъ Шарль Кро:—я стремлюсь получить слѣдъ мастишкообразнаго движенія дрожавшей пластинки и воспользоваться этимъ слѣдомъ для воспроизведенія этого самого движенія, съ присущими ему продолжительностью и силой, на той же пластинкѣ или на другой, подлежащей образовъ приспособленной. Требуется, слѣдовательно, превратить слѣдъ чрезвычайно мелкій, подобный тому, какой получается отъ прикосновенія легонькаго острія къ поверхностямъ, закованнымъ на пламени,—превратить этотъ слѣдъ въ возвышенія или углубленія, настолько прочныя, чтобы строго по нимъ могъ двигаться подаваемый штфтигъ и передавать свои дрожанія отмычковой пластинкѣ. Къ центру упругой пластинки прикрѣпленъ маленький штфтигъ, оканчивающійся остріемъ (металлическая проволока или борода пера), которое прижимается къ заковчен-

той поверхности. Эта поверхность принадлежит тонкому кружку, находящемуся въ двойномъ движеніи—вращательномъ и поступательномъ. Когда пластинка находится въ покоѣ, остріе пишетъ простую спиральную линію: если же пластинка дрожитъ, начерченная спираль будетъ вообразительной и я въ волны изображать въ точности всѣ колебанія пластинки съ ихъ продолжительностью и силой. Это начерченную спираль переводить хорошо извѣстнымъ фотографическимъ способомъ на твердый матеріалъ, на закаленную сталь, наприм., причѣмъ безразлично, придать ли спирали видъ возвышенія, или углубленія. Затѣмъ посредствомъ двигателя мы заставляемъ эту поверхность, съ ея вообразительной спиралью, вращаться вокругъ оси и двигатели поступательно съ такою же скоростью, какъ прежде, во время записыванія колебаній. Пружинащій штифтикъ на томъ концѣ, который онъ прижимается къ спирали, снабженъ остріемъ, если спираль представляется углубленною, или имѣетъ зарубку, выемку, если она возвышена. Другой же конецъ штифтика прикрѣпляется къ центру упругой пластинки, способной отыгиваться на всякіе звуки. Тутъ, слѣдовательно, пластинка будетъ приводиться въ дрожаніе уже не колеблющимся воздухомъ, а двигающимся по спирали штифтикомъ, совершающимъ точно такіе же колебанія, въ отношеніи продолжительности и силы, какія дѣлала эта пластинка прежде, когда передъ нею проходились звуки. Спиральный слѣдъ изображаетъ равныя, послѣдовательныя времена длинами, возрастающими для убывающими. Это не представляетъ неудобствъ, если пользоваться только краевой частью вращающагося кружка, такъ какъ обороты спирали очень близки другъ къ другу, но тогда пропадаетъ безъ всякой пользы середина части. Во всякомъ случаѣ, гораздо прѣеобразованіе было бы получить слѣдъ спирали на цилиндрѣ, и въ настоящее время я занятъ изысканіемъ средствъ къ практическому осуществленію этой мысли\*.

На это практическое осуществленіе у Шарля Кро не нашлось ни времени ни денежныхъ средствъ.

Подобно другому французу—Леону Скотту, онъ умеръ, оставивъ въ нищетѣ жену и двоихъ дѣтей. Но для выполненія своего плана ему не доставало только средствъ, и можно положительно утверждать, что, еслибы Кро имѣлъ въ своемъ распоряженіи лабораторію въ Льюилингъ-Паркѣ, онъ очень скоро вышелъ бы побѣдителемъ надъ предостоявшимъ ему затрудненіемъ.

Нѣсколько дней спустя послѣ вскрытія конверта въ академіи наукъ, Шарль Кро, тѣсно предлагавшій устройство своего аппарата многимъ промышленникамъ, написалъ Виктору Менье слѣдующее письмо, наглядно рисующее печальное положеніе изобрѣтателя во Франціи:

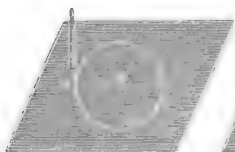
„Вотъ какъ обстоятъ мои дѣла: я хотѣлъ повидаться съ Б., но встрѣтилъ одного Н., котораго хорошо знаю, такъ какъ имѣлъ съ нимъ дѣло по поводу двухъ изобрѣтенныхъ мною телеграфныхъ приборовъ. Сначала Н. сдѣлалъ видъ, будто не узнаетъ меня, а затѣмъ сказалъ, что ему ничего неизвѣстно о цѣли моего прихода. Я объяснилъ свое дѣло и напомнилъ, что уже говорилъ о немъ Б. нѣсколько мѣсяцевъ тому назадъ.—„Мы слишкомъ заняты для того, чтобы браться за ваше дѣло“, отвѣтилъ онъ: „а кромѣ этого, предупреждаю васъ, что первоклассные изобрѣтатели въ настоящее время работаютъ въ одною съ вами направленіемъ. Дѣлайте же свои опыты сами и попытайтесь опередить другихъ“.

„Я записалъ ему, что до моихъ работъ по этому предмету никѣмъ ничего не было опубликовано, и спросилъ имени этихъ первоклассныхъ изобрѣтателей (я, понятно, гораздо ниже ихъ, такъ какъ они успѣли возразить ко мнѣ на спину). Онъ назвалъ два имени: одно нѣмецкое, другое—итальянское, вѣроятно могу припомнить. Есть, слѣдовательно, полное основаніе думать, что меня хотѣли бы устранить въ этомъ вопросѣ, и я совершилъ большую глупость, позволивъ расписать свой концертъ. Повидимому, повторится то же самое, что случилось съ моею же *цветной фотографіей*, которая вошла въ настоящее время въ промышленную практику и приписывается всею не мѣждошарденъ воспринималъ фотографическія способъ цвѣта обоевъ въ четыре съѣмки: три предварительныя—желтую, красную и голубую, и четвертую окончательную. А между тѣмъ мое изобрѣтеніе сочинъ въ началѣ лишенымъ всякаго значенія. Со временемъ, быть можетъ, справедливость сдѣлаетъ свое дѣло, но покажите, вы видите, въ какомъ пораженіи у капитала находится наука. Видѣть твердятъ же: „теоретичн ничего не стоитъ; она вѣнчаетъ въ облакахъ; давай-каже дѣло, фактъ“. А деньги для исполненія этого дѣла, для констатированія этихъ фактовъ—гдѣ ихъ взять?—Гдѣ хотѣте!—Вотъ какъ во Франціи погибаютъ многія изысканія“.—Къ этому мы могли бы прибавить въ видѣ комментарія: вотъ какъ французы притупиваютъ, а другіе прилагаютъ къ практикѣ“ \*).

\*) Шарлю Кро, не находившему лица, которое взялось бы устроить его аппаратъ, ничего другого не оставалось, какъ опубликовать свое изобрѣтеніе. Онъ такъ и сдѣлалъ, и опубликовалъ его въ соизвождавшемъ ему органѣ, именн въ *Недѣль Духовенства* (La Semaine du clergé). Забавительно, что аббатъ Лебланъ, въ статьѣ отъ 10 октября 1877 г., посвященной изобрѣтенію Кро, далъ этому изобрѣтенію столь знаменитое въ настоящее время названіе—*фотонорафа*. Вотъ что писалъ аббатъ: „Чудныи образомъ, дѣло идетъ не больше не меньше, какъ о способѣ сохранять звуки и воспроизводить ихъ потомъ, когда угодно. Такии образцы, пользуясь изобрѣтеніемъ

Итакъ, Леонъ Скоттъ въ своемъ *фонастографѣ* далъ способъ записывать рѣчь, а Шарль Кро въ своемъ *палеофонѣ* (такъ онъ называлъ свой приборъ) далъ способъ воспроизвести ее. Ему пришло въ голову слово палеофонъ. „Это названіе, — писалъ онъ (оно обозначаетъ голосъ прошедшаго); — кажется мнѣ, вполне вѣрно передаетъ назначеніе моего прибора“.

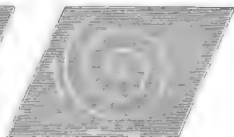
Этотъ *палеофонъ*, который не могъ быть устроенъ во Франціи, былъ устроенъ нѣсколько лѣтъ тому назадъ въ Америкѣ. Берлинеръ изъ Вашингтона устроилъ приборъ, названный имъ *граммофономъ* \*), въ которомъ онъ, можно сказать, буквально привелъ въ исполненіе мысль Кро. Берлинеръ взялъ плоскій кружокъ и сообщилъ ему двойное движеніе — круговое и прямолинейное, какъ указывалъ Шарль Кро. Вы сейчасъ поймете безъ труда, какъ производится запись. Вообразимъ штифтикъ S, соприкасающійся съ закопченной поверхностью стекляннаго кружка. Когда кружокъ будетъ двигаться по прямой линіи (горизонтально), то штифтикъ (еще не дрожащій), необходимо начертитъ прямую линію. Если же кружокъ будетъ вращаться вокругъ оси O, то штифтикъ S опишетъ окружность радиуса SO (фиг. 23). Если кружокъ движется заразъ въ обоихъ направленіяхъ, если онъ имѣетъ и круговое и прямолинейное движеніе, то



Фиг. 23.



Фиг. 24.



Фиг. 25.

Запись, сдѣланная штифтикомъ на закопченномъ стеклѣ.

штифтикъ также описываетъ круговую, но уже не замкнутую, а спиральную, или витую линію (фиг. 24). Если мы теперь вдобавокъ заставимъ и штифтикъ дрожать, то онъ начертитъ зубчатую, *волнообразную* спираль, о какой говоритъ Кро. (фиг. 25).

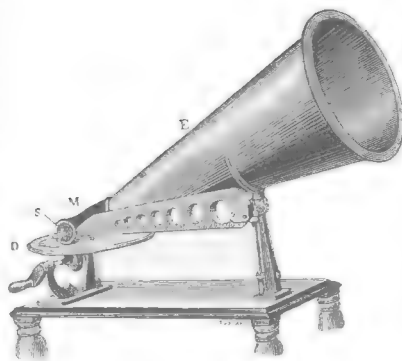
Берлинеръ воспользовался не стекляннымъ, а цинковымъ кружкомъ, имѣющимъ 12 дюймовъ въ діаметрѣ. Онъ покрываетъ этотъ кружокъ растворомъ воска при чемъ растворяющее вещество улетучивается, а воскъ остается въ видѣ тонкаго слоя на цинкѣ. Этотъ слой очень мягокъ и поэтому позволяетъ штифтику легко вдавливаться въ него. Штифтикъ S прикрѣпляется, какъ у *фонастографа*, къ центру упругой пластинки M, помѣщающейся въ узкомъ концѣ слуховой трубки E. Если говорить въ эту трубку, штифтикъ будетъ записывать колебанія голоса на воскѣ, покрывающемъ цинковый кружокъ. По окончаніи записыванія поверхность цинковаго кружка, на которой штифтикъ, продавливая воскъ, начертитъ зубчатую спираль, подвергается дѣйствию хромовой кислоты. Подобно крѣпкой водкѣ, при гравированіи, кислота вытравляетъ металлъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ онъ не покрытъ воскомъ. Спустя четверть часа уже ясно видна въ дугу неглубокая зубчатая спираль, выгравированная на цинкѣ. Тогда кружокъ опять вводится въ приборъ, и штифтикъ, неизбежно слѣдующій за всѣми неровностями бороздки, передаетъ упругой пластинкѣ всѣ тѣ движенія, какія она совершала раньше, когда предъ нею говорили, когда производилось

Шарль Кро, вы можете воспроизвести то, что вы скажете, споете или сыграте, такъ какъ приборъ съ точностью запишетъ, по вашему желанію, ваши слова, пѣніе и игру со всѣми ихъ характеристичными особенностями. Благодаря этому прибору, который я называю *фонастографомъ*, мы будемъ снимать фотографіи съ голоса, какъ мы снимаемъ фотографіи съ лица.

\*) Слѣдуетъ замѣтить, что слово „грамма“ — отъ греч. словъ *γραμμη* (грамма — буква, письме, вѣснѣ) (фонъ) голосъ.

записывание. Такимъ образомъ рѣчь повторяется, воспроизводится. Грамофонъ обладаетъ большою силой, такъ какъ звуки, издаваемые имъ, слышны еще на разстояніи 7 сажень отъ него.

Первый фонографъ Эдиссона, прославившійся на Электрической выставкѣ 1881 г. въ Промышленномъ дворцѣ, былъ далеко несовершенный аппаратъ. Звукъ выходилъ съ носовымъ оттѣнкомъ, звукъ О передавался имъ неясно, а на букву Р и нѣкоторыя гласныя онъ очень смѣшно налегаль. Слушая внимательно, можно было разобрать членораздѣльную рѣчь, произносимую аппаратою довольно шумно, но узнать голосъ лица, говорившаго въ него, было невозможно. Тѣ тонкія движенія, которыя придаютъ рѣчи ея оттѣнки, т.-е. тембръ и интонація, не воспроизводились. Слова казались поддѣльными, это скорѣе была пародія на человѣческій голосъ, чѣмъ настоящий голосъ. Кромѣ того, повторить много разъ одну и ту же фразу было невозможно, потому что съ каждымъ разомъ все труднѣе и труднѣе становилось ясно разобрать ее. Такъ какъ оловянный листъ не обладалъ должной гибкостью и мягкостью, то отпечатки, получавшіеся на немъ, обезображивались и измѣнялись при каждомъ новомъ соприкосновеніи со штэфтомъ. Затѣмъ, о возможности посылать по почтѣ *фонограмму* и думать нечего было: отправлять весь приборъ было непрактично, а посылать одинъ оловянный листъ было еще непрактичнѣе, такъ какъ снять его, не повредивъ слѣды, отпечатки, углубленія и возвышенія на немъ, было немислимо; съ другой стороны, какъ могъ бы ухитриться адресатъ наладить его на свой фонографъ? Къ этому нужно прибавить слѣдующее: такъ какъ каждая нота соответствуетъ определенному и довольно значительному числу колебаній въ секунду, то для воспроизведенія какого-нибудь музыкальнаго произведенія требуется быстрое и равномерное движеніе цилиндра. Разумѣется, такая равномерность плохо достигалась простымъ вращеніемъ цилиндра рукою или посредствомъ рукоятки. Если при равномерномъ вращеніи цилиндра (дѣлающаго, на-прим., сто оборотовъ въ секунду) мы пишемъ ноту  $la_3$ , соответствующую 485 полнымъ колебаніямъ въ секунду, то для воспроизведенія этой ноты потребуется, чтобы цилиндръ вращался съ такою же скоростью, т.-е. дѣлалъ сто оборотовъ въ секунду. Если бы онъ вращался съ двойной скоростью, мы получили бы уже не записанную ноту, а высшую ея октаву, такъ какъ дрожащая пластинка совершила бы въ этомъ случаѣ двойное число колебаній,—870, вмѣсто 485, въ то же самое время — одну секунду. Въ такомъ видѣ этотъ первый фонографъ былъ приборомъ неважнымъ и пригоднымъ единственно для физическихъ кабинетовъ. Этотъ фонографъ, придуманный въ 1878 г., сохранилъ свои несовершенства въ теченіе десяти лѣтъ. Вотъ, впрочемъ, что писалъ самъ Эдиссонъ о немъ въ газетѣ *Нью-йоркскій Миръ (New-York World)* въ номерѣ отъ 6 ноября 1887 г.:



Фиг. 26.—Грамофонъ Берлинера.

„Приборъ вѣситъ около 100 ф., стоитъ очень дорого. Извлечь изъ него хотя малѣйшую выгоду, кромѣ лицъ, обладающихъ совершенно особыми свѣдѣніями, не можетъ никто. Слѣдъ, оставленный стальнымъ остриемъ на оловянномъ листѣ, сохраняется недолго. Я лично не надѣюсь видѣть когда-либо фонографъ, усовершенствованный настолько, чтобы онъ былъ способенъ записывать рѣчь



настоящимъ образомъ и воспроизводить её потомъ ясно и отчетливо. Но я увѣренъ, что, если это не удастся намъ, то это удастся слѣдующему поколѣнію. Самъ я оставилъ фонографъ, увѣренный, что посылалъ доброе сѣмя, и занимаюсь теперь электрическимъ свѣтомъ\*.

Послѣ такого признанія, послѣ столь ясно высказанной неувѣренности въ сомнѣніи себѣ, какъ же могло случиться, что наканунѣ открытія Всемирной выставки 1889 г. Эдиссонъ подарилъ намъ усовершенствованный, почти совершенный фонографъ? Въ такое короткое время—съ 6 ноября 1887 г. до 23 апрѣля 1889 г. (день, въ который новый аппаратъ испытывался въ академіи наукъ)—Эдиссонъ успѣлъ отказаться отъ своего рѣшенія больше не заниматься фонографомъ и найти то усовершенствованіе, которое онъ передъ тѣмъ отчаялся увидѣть когда-либо, оставивъ заботу объ его осуществленіи на долю будущаго поколѣнія. Что случилось? Что послужило причиной этого поворота?—Главный недостатокъ перваго фонографа, какъ было указано нами, заключался въ непригодности оловяннаго листа. Нужно было замѣнить этотъ металлъ матеріаломъ, достаточно мягкимъ для воспріятія малѣйшихъ слѣдовъ отъ давленія штифтика и вмѣстѣ съ тѣмъ достаточно твердымъ для сохраненія и точнаго воспроизведенія этихъ слѣдовъ. Здѣсь возникало такое же затрудненіе, какое возникало при приготовленіи типографскаго прифта: одинъ свинецъ расплющивался подъ прессомъ, а одна сурьма крошилась, между тѣмъ какъ надлежащій сплавъ сурьмы со свинцомъ оказался вполне отвѣчающимъ цѣли. Этотъ-то матеріалъ, безъ котораго немислимо было усовершенствовать фонографъ, былъ найденъ Сѣмнеромъ Тентеромъ изъ Вашингтона. Въ 1885 г. имъ былъ предложенъ, подъ названіемъ *графофона*, приборъ, записывающій и воспроизводящій рѣчь. Оставивъ негодное олово, онъ, послѣ долгихъ исканій, нашелъ, наконецъ, желаемый матеріалъ въ смѣси различныхъ сортовъ воска,—различнаго происхожденія и различныхъ свойствъ. Графофонъ оказался практичнымъ приборомъ, а фонографъ не замедлилъ слѣжаться таковымъ. Въ сущности Эдиссонъ примѣнилъ къ своему прибору способъ Тентера \*\*, и такимъ-то образомъ фонографъ могъ быть представленъ въ академіи наукъ 23 апрѣля 1889 г. „Компанія Эдиссона,—говоритъ Рафаэль Шандосъ \*\*),—платитъ Сѣмнеру Тентеру за право примѣненія его способа къ устройству фонографовъ 10 долларовъ (около 20 руб.) за каждый проданный приборъ \*\*\*).

Посмотримъ теперь, какъ устроенъ нынѣшній фонографъ, который, по словамъ проф. Янсона: рѣшалъ одну изъ труднѣйшихъ задачъ, какія умъ человѣческій могъ себѣ поставить“. Первоначальный оловянный листъ былъ замѣненъ восковымъ цилиндромъ, имѣющимъ 4 дюйма 6 линій длины и 2 дюйма въ діаметрѣ. Восковая масса составлена изъ смѣси мягкаго продажнаго воска (сото-вого) и твердаго воска изъ листьевъ *карнаубы*. Карнауба—это пальмовое дерево, въ изобиліи растущее въ Сѣверной Бразиліи, особенно въ провинціи Сеара. Воскъ, отдѣляющійся на наружной поверхности листьевъ этого дерева, представляется въ видѣ сухой порошоковой массы пепельнаго цвѣта. Онъ спадаетъ при малѣйшемъ толчкѣ уже въ то время, когда листья едва начинаютъ разворачиваться, а позже онъ стряхивается легчайшимъ вѣтеркомъ. Для полученія воска *карнаубы* листья срѣзаются каждыя двѣ недѣли въ теченіе шестимѣсячнаго сухого времени года, при чемъ оставляются только срединные побѣги, долженствующіе дать слѣдующій сборъ. Последній, впрочемъ, не заставляетъ себя ждать въ виду быстрой росы. Листья сушатся на мѣстѣ, разложенные рядами и обращенные нижней поверхностью къ землѣ; затѣмъ ихъ собираютъ въ кучи, и женщины палками стряхиваютъ съ нихъ воскъ на широке холсты. Восковая

\*) Академія наукъ, засѣданіе 3 іюня 1889 г.: „Эдиссонъ призналъ пригодность открытій проф. Тентера, воспользовавшись ими для того, что называетъ своимъ усовершенствованнымъ фонографомъ“. (Читано Г. Остгеймеромъ).

\*\*) *Научное Обзоріе*, № 6, 2 сентября 1889 г.

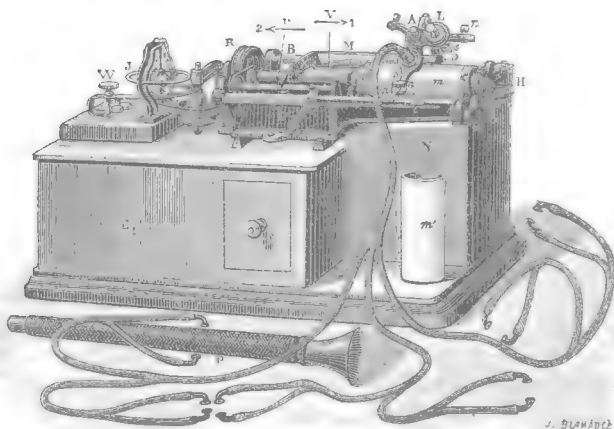
\*\*\*) Исключительное право эксплуатаціи въ Соединенныхъ Штатахъ приборовъ, изготовляемыхъ „Компаніей графофона Тентера“, приобрѣтено за указанную плату „Сѣверо-американской компаніей“, владѣющей привилегіей на фонографъ Эдиссона.



Фиг. 27. — Сборъ воска *карнаубы* (въ Бразиліи), идущаго на приготовленіе фонографическихъ цилиндровъ.

пыль, собранная такимъ образомъ, непосредственно растапливается въ глиняныхъ сосудахъ.

Итакъ, цилиндръ, на которомъ должны записываться колебанія голоса, дѣлается изъ особенной смѣси различныхъ сортовъ воска. Отливка этого цилиндра вслѣдствіе того, что воскъ при охлажденіи осѣдаетъ, требуетъ извѣстныхъ предосторожностей: чтобы придать его поверхности необходимую гладкость, его выравниваютъ на токарномъ станкѣ, просверливъ предварительно, или же сдавливаютъ, при температурѣ сорока градусовъ, въ узкомъ пространствѣ между формой и пробойникомъ. Строго цилиндрической снаружи, онъ имѣетъ слегка коническую форму внутри и долженъ точно приходиться на латунный цилиндръ СС' (фиг. 28)\*). Ось этого цилиндра СС' снабжена на своемъ продолженіи V винтовой рѣзбой, высота хода которой, т. е. разстояніе между двумя соѣдиняющимися витками, равна одной десятой части линіи. На концѣ этой оси насаженъ блокъ В, желобокъ котораго охватывается ремнемъ Е. Въ деревянномъ ящикѣ Е<sub>1</sub>, служащемъ



Фиг. 28.—Усовершенствованный фонографъ Эдиссона (1889 г.).

подставкою для прибора, заключается электрический двигатель, который сообщаетъ цилиндру, при посредствѣ ремня, равномерное вращеніе вокругъ оси. У J видѣнъ центробѣжный уравниватель (съ шарами) этого двигателя. Нужно замѣтить, что винтъ V, а слѣдовательно и цилиндръ СС' въдѣсъ не имѣютъ поступательнаго движенія, какъ въ первомъ фонографѣ. Пластины X и D прикрѣплены къ трубкѣ M, которая можетъ скользить по горизонтальной и неподвижной оси В. Благодаря той части гайки Е, которая сидитъ на винтѣ V, этотъ винтъ, вращаясь, равномерно подвигаетъ впередъ по направленію стрѣлки 1 трубку M и прикрѣпленную къ ней части на одну десятую линіи при каждомъ оборотѣ. Поступательное движеніе по направленію стрѣлки 2 достигается легко: полуоборотомъ винта a приподнимается рельсъ S, который, толкая пластинку X снимаетъ Е съ V и въ то же время заставляя зубецъ Е' захватить винтъ v. Последний расположенъ такимъ образомъ, что производитъ движеніе, противоположное предыдущему. Это достигается или тѣмъ, что на рѣзцахъ у винтовъ v

\* Сравни также фиг. 1, представляющую фонографъ по фотографіи, сдѣланной въ лабораторіи Эдиссона (Львовль-Париж, Оранджъ) 7 декабря 1888 г.

и V придают одинаковое направление, а винты вращают въ противоположныя стороны, или же тѣмъ, что винты вращаются въ одну и ту же сторону, а наръзамъ придаютъ противоположныя направленія. Высота хода у винта *v* гораздо больше чѣмъ у винта V; поэтому и обратное движеніе совершается гораздо быстрѣе. Части, прикрѣпленныя къ пластинкѣ D, малы и неважны.

Рычагъ KL, согнутый подъ прямымъ угломъ, можетъ вращаться на шарнирѣ A. Слѣдовательно, части его K и L легко могутъ быть замѣняемы одна другою. Первая, предназначенная для записыванія рѣчи, состоитъ изъ стекляннаго кружка (представленъ въ разрѣзѣ на *фиг. 29* въ видѣ двойной черты, слегка выпуклой вверх), вдѣланнаго въ оправу (затупешена), и штифтика, получающаго дрожанія кружка при посредствѣ резиновой подкладки, приложенной къ серединѣ кружка, и рычаговъ. Вторая,—служащая къ воспроизведенію рѣчи, состоитъ (*фиг. 30*) изъ шелковой діафрагмы, къ центру которой прикрѣпленъ штифтикъ съ притупленнымъ концомъ.

Обращеніе съ фонографомъ очень легко. Полуоборотъ винта *a* приподнимаютъ рельсъ S, который, толкая винтъ *n*, опирающийся на рельсъ, слегка отбрасываетъ назадъ пластинку D; кромѣ того онъ упираетъ зубецъ E' въ винтъ *v*. Вытягивая винтъ *b*, предварительно вывинченный изъ гайки, повертываютъ на шарнирѣ H поперечный брусокъ, удерживающій ось V близъ конца C; тогда можно надѣть восковой цилиндръ на латунный CC и пустить электрическій двигатель. Желательная скорость достигается посредствомъ уравнивателя (винтъ W). Части, соединенныя съ пластинкой D, движутся по направлению стрѣлки 2. Дойдя до конца C' воскового цилиндра *m*, надѣтаго на латунномъ, пишущая часть L устанавливается такимъ образомъ, чтобы штифтикъ погрузился въ воскъ на нѣсколько сотыхъ миллиметра \*). Это достигается при помощи винта *n*, на головкѣ котораго имѣются дѣленія. Помѣстивъ говорную трубу P надъ записывающей частью L, полуоборотомъ винта *a* приводятъ рельсъ въ прежнее положеніе и соединяютъ гайку E съ винтомъ V. Тогда штифтикъ начинаетъ двигаться по направлению стрѣлки 1 и чертитъ едва замѣтную бороздку на восковомъ цилиндрѣ; значить, наступилъ моментъ производить предъ отверстіемъ трубы тѣ звуки, которые желательно записать. Опытъ показалъ, что для хорошаго воспроизведенія рѣчи цилиндръ долженъ дѣлать около 60 оборотовъ въ минуту; для точнаго же воспроизведенія музыкальной пьесы требуется около 100 оборотовъ въ минуту.

Желающій записать свою рѣчь, долженъ говорить предъ отверстіемъ трубы громко и отчетливо. Тогда штифтъ выдавливается на восковомъ цилиндрѣ черточки, соответствующія малѣйшимъ подробностямъ произведенныхъ колебаній; челоуѣческая рѣчь сохраняется со всеми ея личными отгѣнками: съ интонаціей, тембромъ, скоростью или медленностью—словомъ, со всеми характерными особенностями, свойственными рѣчи даннаго лица. Для полученія записи какаго-нибудь музыкальнаго произведенія послѣднее исполняется передъ слуховой трубкой, соединенной съ записывающей частью фонографа. Чтобы записать фортепианную музыку, требуется труба съ очень широкимъ отверстіемъ, которая могла бы собрать всѣ звуки инструмента и довести ихъ до воскового цилиндра безъ потерь (*фиг. 31*).—Тонкая, какъ волосъ, восковая стружка B (представлена при большомъ увеличеніи на *фиг. 32*), срѣзанная штифтикомъ A во время записыванія, падаетъ въ ящикъ N, помѣщенный подъ CC.—Для воспроизведенія за-



Фиг. 29.—Записывающая часть въ разрѣзѣ.



Фиг. 30.—Воспроизводящая часть въ разрѣзѣ.

\*) Миллиметр =  $\frac{4}{10}$  линія.

писанныхъ на восковомъ цилиндрѣ звуковъ поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Пластина D приводится въ С', вмѣсто записывающей части L, къ цилиндру обращается воспроизводящая часть поворотомъ рычага KL на прямой уголъ вокругъ оси А. Наконечъ, гайка Е насаживается на винтъ V. Тогда штифти въ воспроизводящей части K начинаютъ двигаться къ С, дѣлая такіе же движенія, какія дѣлалъ штифти L, такъ какъ онъ послѣдовательно проходитъ всѣ тѣ положенія, какія занималъ послѣдній.

Если требуется повторить известную фразу въ рѣчи или часть музыкальнаго произведенія, начинающуюся у известнаго дѣленія дециметра\*) і, раздѣленнаго на миллиметры, то конецъ штифта p устанавливается противъ этого дѣленія. Это легко сдѣлать помощью винтовъ a, v и V, дѣйствіе которыхъ объ-



Фиг. 31.—Запись музыкальнаго произведенія фонографомъ.

сено выше. Часто для большей скорости винтъ u удаляютъ и части, связанная съ пластинкою D, отводятъ назадъ просто рукою.

Лучше всего слушать фонографъ посредствомъ каучуковой трубки (видна у K), оканчивающейся двумя вѣтвями, концы которыхъ прикладываютъ къ ушамъ. Подобныхъ трубокъ можетъ быть нѣсколько, такъ что слушать фонографъ могутъ нѣсколько человѣкъ сразу; при этомъ къ ушамъ прикладываются или трубочки, отходящія отъ главной трубки, или трубочки, начинающіяся у четырехугольнаго ящика, въ который входитъ главная трубка. Можно также помѣстить у фонографа (въ K) большую слуховую трубу и такимъ образомъ дать

\*) Дециметръ=100 миллиметровъ=приблизительно 4 дюйма.

возможность слушать фонографъ сразу въѣмъ, находящимся въ валѣ, но тогда звуки получаютъ нѣсколько носовой окраски.—Для удаленія уже негоднаго слоя восковой обертки пользуются особаннымъ ножикомъ \*) прикрѣпленнымъ къ пластинкѣ D. Помощью винта съ очень мягкой наждакой, или микрометрическаго винта можно заставить ножикъ срѣзать слой желаемой толщины. Вполнѣ уничтожить слѣды дѣйствія этого ножа можно помощью раскаленной (электрическимъ токомъ) платиновой проволоки, прижимающейся къ воску посредствомъ микрометрическаго винта.

Недавно Эдиссонъ устроилъ у фонографа двигатель съ подножкой, педалью, какъ у швейныхъ машинъ. Въ этомъ валѣ приборъ стоитъ дешевле. Равномерное движеніе достигается помощью очень простого приспособленія, именно центробѣжнаго уравнителя (съ шарами). Остроумный изобрѣтатель и на этотъ разъ сдѣлалъ удачное подраженіе графофону Сѣмпера Тантера.

Ясенъ, демонстрируя товарищамъ-академикамъ новый фонографъ, слѣдующимъ образомъ перечислялъ усовершенствованія, сдѣланныя въ занимающемъ насъ приборѣ.

„Во первыхъ, вмѣсто одного штифта, служившаго вмѣстѣ для записыванія звуковъ на цилиндрѣ и для воспроизведенія ихъ, было устроено два: одинъ съ острыми концами для записыванія, другой — съ пригнанными концами — для воспроизведенія. Затѣмъ, очень счастлива записка оловянного листа матеріаломъ вполнѣ мягкимъ, тугимъ и легко срывающимся съ большой точностью. Наконецъ, въ прежнемъ приборѣ перемѣщались въ горизонтальномъ направленіи и самый цилиндръ; въ новомъ же движутся въ этомъ направленіи только легкія части, именно дрожашія пластинки со штифтами. Движеніе достигается электричествомъ; центробѣжный уравнитель, снабженный подвижной, позволяетъ вѣнчать скорость движенія и такимъ образомъ получать звуки быстро или медленно. Такимъ образомъ можно когда и сколько разъ угодно замедлять или ускорять издаваніе звуковъ, прерывать, продолжать, если нужно, или начинать вновь“.

Ученый академикъ сдѣлалъ еще слѣдующее важное замѣчаніе:

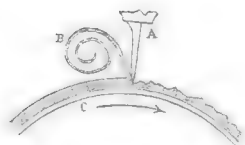
„Очень интересно то, что фонографъ можетъ записать не только всѣ тоны музыкальной скалы, слова, сказанныя на любомъ языкѣ, но и звуки цѣлаго оркестра. Это обстоятельство представляетъ высшей теоретическій интересъ, указывая на чудесныя свойства упругихъ переносков“.

Цѣльное воспроизведеніе фонографомъ оркестровой музыки трудно поддается объясненію. Однако же А. Вернье пытается нѣсколько подойти къ этому вопросу путемъ слѣдующаго остроумнаго сравненія.

„Представьте себѣ, — говоритъ оръ, — боченокъ, поплавокъ, качающійся въ гавани. Вѣтеръ безпрестанно пригоняетъ къ нему все новыя и новыя волны, воставляющія его попеременно то подниматься, то опускаться. Одни пароходы входятъ въ гавань, другіе выходятъ, перекрещиваются во всевозможныхъ направленіяхъ; каждый изъ этихъ пароходовъ становится подвижнымъ центромъ небольшихъ волнъ на поверхности воды, и каждая изъ этихъ волнъ ударяетъ въ послушный поплавокъ и сообщаетъ ему свое особенное движеніе. Въ извѣстный моментъ поплавокъ получаетъ толчки, положимъ, отъ пятидесяти различныхъ волнъ, налетѣвшихъ на него съ разныхъ сторонъ. Эти волны одна другой не мѣшаютъ, — каждая идетъ своей дорогой. Поплавокъ получаетъ „кое-что“ отъ каждой изъ нихъ; совокупное дѣйствіе ихъ въ данный моментъ можетъ дать поплавку только одно какое-нибудь положеніе, — всѣ полученные имъ толчки онъ послушно превращаетъ въ одно цѣлое. \*\*). Упругая пластинка у фонографа — это поплавокъ, получающій удары звуковыхъ волнъ. Всѣ положенія, принимаемая пластинкой подъ вліяніемъ этихъ волнъ, записываются на восковомъ цилиндрѣ.

\*) Этотъ именно ножикъ вы видите на фиг. 1.

\*\*) „Научныя бѣды“ въ газетѣ *Время* (Тверь).



Фиг. 32.—Восковая стружка, срезанная во время записыванія.



Фиг. 33.—Фонографъ въ 1632 г.

„Въ этой странѣ“, рассказываетъ капитанъ Фостерлохъ: „имѣются особенныя губки, воспринимающія и сохраняющія всякія звуки, не исключая членораздѣльной рѣчи“. (*Правдивый Курьеръ* сатирический журналъ, издававшійся въ 1632 г.).

Важная опечатка, вкравшаяся въ 1-й выпускъ. На стран. 29-й, строка 14-я сверху и строка 9-я снизу, напечатано: другой, а слѣдуетъ читать: *утрутой*.



Въ моментъ воспроизведенія то „кое-что“, которое получено отъ каждой изъ записанныхъ звуковыхъ волнъ, достаточно для сотрясенія волоконъ основной оболочки во внутреннемъ ухѣ, соответственно этимъ волнамъ. Это позволяеть уху отличать ихъ одну отъ другой—въ пѣлой массѣ звуковъ. Волокна основной оболочки подобны такимъ поплавкамъ, которые способны приводиться въ движеніе не всякими, а только нѣкоторыми, вполне опредѣленными, всегда одними и тѣми же волнами“.

Услуги, какія можетъ оказывать фонографъ, многочисленны и неопредѣльны. Пользуясь фонографомъ, государственные люди, адвокаты, ораторы легко могутъ готовить свои рѣчи, записывая каждую новую мысль съ такой быстротой, съ какой можетъ сравниться развѣ живая человѣческая рѣчь, и—что важнѣе всего—имѣя возможность слушать самихъ себя и исправлять легко бросающіеся въ глаза недостатки. Точно также удобно актерамъ, дѣтямъ репетировать роли, все болѣе и болѣе совершенствуя произношеніе и интонацію. Писателю несравненно удобнѣе говорить свою статью или книгу, нежели писать ее. Американскій писатель Маркъ Твенъ сказалъ однажды въ присутствіи Эдисона, что ему нуженъ годъ для того, чтобы рѣшиться засѣсть за романъ — такъ онъ боится чернилъ. Черезъ нѣкоторое время онъ получалъ отъ изобрѣтателя средство писать безъ чернилъ — фонографъ. Благодаря этому, Маркъ Твенъ очень скоро *фонографировалъ* повѣсти.

Если бы древніе обладали этимъ чудеснымъ приборомъ, мы могли бы имѣть счастье нинѣ слушать Цицерона, громаднаго Катилину, Виргилія, читающаго свои „Букколики“ (описание пастушеской жизни), Сократа, Платона, бесѣдующихъ о философіи. „Что было бы, если бы вы услышали чудовище?“ сказалъ Эскинъ по поводу одной рѣчи Демосеена. И спустя двѣ тысячи лѣтъ слышномъ мы также могли бы слышать „чудовище“. Будущимъ поколѣніямъ уже не придется высказывать подобныхъ сожалѣній. Пройдутъ вѣка, но рѣчи нашихъ лучшихъ людей, игра нашихъ славныхъ артистовъ будетъ жива для потомства во всей своей прелести. Оно будетъ знать, какъ Гуно \*) аккомпанируя себя, пѣлъ отрывокъ изъ своего сочиненія; какъ Конкленъ исполнялъ роль Фигаро; какъ Патти пѣла кантату изъ „Севиальскаго цирюльника“.

Краснорѣчіе будущиѣ Мирабо и Гамбетты сохранится во всемъ своемъ блескѣ для отдаленнѣйшаго потомства. Въ парламентахъ, въ общественныхъ собраніяхъ фонографъ съ успѣхомъ замѣнитъ собой стенографа. Рѣчи, произнесенныя здѣсь и записанныя на восковыхъ цилиндрахъ, будутъ печататься въ типографіяхъ со словъ фонографа. Обладая способностью съ точностью переда-

\*) Вотъ любопытное извлеченіе изъ протокола одного засѣданія Академіи изящныхъ искусствъ (27 апрѣля 1889 г.) (Фиг. 22).

„Яисентъ (испытывая фонографъ): — Демосеенъ, Цицеронъ, Воссеветъ, зачѣмъ вы умерли? Мы могли бы теперь слышать ваши удивительныя рѣчи изъ тѣхъ самыхъ устъ, которые ихъ произнесли!“

„Послѣ этого произошелъ слѣдующій курьезъ. Послышались замѣчанія, что эта фраза неправильна, нѣточно: кто перескажетъ эти рѣчи—уста ли ораторовъ, или восковой цилиндръ? Яисентъ началъ фразу въ другой разъ и, нѣа подходящее выраженіе, остановился на словѣ *изъ*. Фонографъ передалъ несогласованную фразу. Яисентъ началъ въ третій разъ: „Демосеенъ, Цицеронъ, Воссеветъ“..... но, не удержавшись, расскѣлся, прерывая себя на полусловъ. Фонографъ воспроизвелъ и душно-сдержанный смѣхъ.—Безподобно! удивительно!—послышавшись со всѣхъ сторонъ.“

„Затѣмъ герцогъ Омальскій сказалъ нѣсколько словъ въ фонографъ, и тутъ же приборъ коротко и громко повторилъ фразу изъ „Исторія принцивъ Конде“: „Вонимъ Гассиона съ саблями и пистолетами ринулись на врага.“—Кажется, будто слышали военную команду (\*\*).

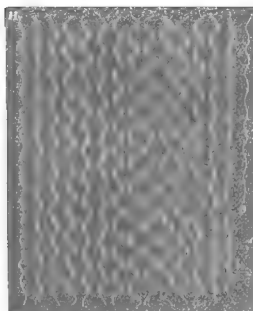
„Наконецъ, Ш. Гуно въ свою очередь подошелъ и смѣлъ передъ отверстіемъ трубъ: „Дождь идетъ, наступила“. ... и закончилъ нѣные словами: „Шарль Гуно, членъ Академіи изящныхъ искусствъ, Французскаго института“.

„Одинъ изъ товарищей Гуно выразилъ общее впечатлѣніе слѣдующей [фразой]: „Черезъ его лѣтъ этотъ восковой цилиндръ будетъ стоить сто тысячъ франковъ“.

\*\*) „Исторія принцивъ Конде“—извѣстное сочиненіе герцога Омальскаго.— Гассионъ — французскій фельдмаршалъ (17 в.).

вать всё отъѣнки въ произношеніи, фонографъ обратится въ учителя иностранныхъ языковъ. Мы будемъ имѣть восковые цилиндры съ записанной на нихъ игрой—на сценѣ или на инструментахъ—прославленныхъ артистовъ всѣхъ странъ. Въ нашихъ библиотекахъ будутъ храниться въ видѣ свертковъ-фонограммъ цѣлыя книги, продиктованныя самими авторами этихъ книгъ. Будутъ издаваться газеты-фонограммы, и подписчики, вмѣсто того, чтобы читать, будутъ слушать, всякій по своему выбору, *Ежедневную Фонограмму, Фонограмму Дебатоза, Консервативную Фонограмму или Республиканскую Фонограмму*. Наконецъ, когда будутъ фонографированы пользующіеся успѣхомъ комедіи, драмы и оперы, намъ станетъ доступно рѣдкое удовольствіе—дешевый театръ у себя дома и на досугѣ.

Восковой цилиндръ называется фонограммой. При  $4\frac{1}{2}$  дюйм. длины и 2 дюйм. въ діаметрѣ онъ легко можетъ записать отъ 800 до 1000 словъ, считая отъ 80 до 100 словъ на 4 линіи (1 сантиметръ) длины.



Фиг. 34.—Воспроизведеніе слова „голло“ (hullo) фонографомъ.

Но понятно, что эти цифры должны мѣняться со скоростью вращенія и быстротой данного способа произношенія словъ.

Безъ лупы ятъ возможности хорошенько рассмотреть всё многочисленныя и очень мелкія извилины, образующія слѣдъ, начерченный штифтикомъ на воскѣ. Какъ много этихъ извилинь уже въ одномъ словѣ, видно изъ изображенія слова „голло“ (hullo), представленнаго на фиг. 34 въ очень увеличенномъ видѣ. Отсюда легко убѣдиться, какую сложную работу производить фонографъ при всей простотѣ своего устройства \*).

Эти восковые цилиндры съ готовыми записями—фонограммы можно пересылать по почтѣ, уложивъ ихъ въ деревянные ящички, и такимъ образомъ, какъ въ живой бесѣдѣ, обмѣниваться мыслями съ кѣмъ угодно. Требуется только, чтобы у адресата имѣлся такой же фонографъ, какъ у лица, пославшаго фонограмму. — Мы уже сказали, что при повторныхъ воспроизведеніяхъ слѣдъ съ воска не стирается и что съ

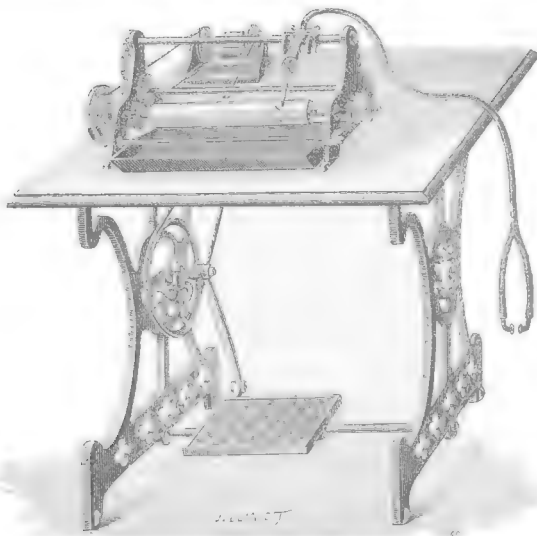
одной фонограммой можно сдѣлать тысячи повтореній безъ перемѣны въ качествѣ и силѣ звуковъ.

Счастливымъ соперникомъ фонографа на Всемирной выставкѣ 1889 г. явился уже упомянутый нами графофонъ Сѣмвера Тэнтера. Въ существенномъ этотъ приборъ не отличается отъ фонографа Эдисона. Но превосходная запись и столь же превосходное воспроизведеніе достигаются въ немъ несравненно менѣе сложнымъ путемъ. Вмѣсто воскового цилиндра, имѣющагося у фонографа, въ этомъ приборѣ (фиг. 35) цилиндръ состоитъ изъ свернутаго картоннаго листа, толщину около  $\frac{1}{2}$  линіи, покрытаго тонкимъ слоемъ восковой массы, составъ которой мы указали. Фонограмма вставляется между двумя лежащими другъ противъ друга пуговками, образующими какъ бы оконечности оси цилиндра. Дѣлается это легко и быстро. Дрожанія голоса заставляють колебаться тонкую пластинку изъ слюды, которая передаетъ это колебаніе острому стальному штифтику, орѣзающему тоненькія стружки съ воска. Воспроизведеніе дѣлается посредствомъ части S (фиг. 36). Эта часть состоитъ изъ полого эбонитоваго (эбонитъ—затвержденный, или роговой каучукъ) стержня, снабженнаго легкимъ стальнымъ штифтикомъ а, прижимающимся къ восковому цилиндру.

Этотъ штифтикъ имѣетъ видъ крючка. Посредствомъ шелковой нити ff онъ

\*) *Электрическій Светъ*. Томъ 32-й.

соединяется съ круглой пластинкой *d* из целлюлоида \*), укрѣпленной въ ящикѣ М. Стальное остріе при посредствѣ шелковой нити передаетъ пластинкѣ движенія, производимыя имъ при прохожденіи по возвышеніямъ и углубленіямъ на воскѣ, а кружокъ, въ свою очередь, черезъ каучуковую трубку передаетъ эти колебательныя движенія уху слушающаго лица. Во время записыванія и воспроизведенія графофонъ приводится въ движеніе помощью двигателя съ педалью,



Фиг. 35.—Графофонъ Сённера Тентера.

какъ у швейныхъ машинъ. Надавливая ногой на педаль, мы сообщаемъ быстрое вращательное движеніе двумъ пуговкамъ, поддерживающимъ и вовлекающимъ въ движеніе цилиндръ-фонограмму С. Это движеніе регулируется центробѣжнымъ уравнителемъ (съ шарами), подобнымъ тѣмъ, какіе имѣются у паровыхъ машинъ. Лишь только скорость движенія становится слишкомъ значительной, шары раздвигаются чрезмѣрно и соскакиваютъ съ оси, приводимой въ движеніе той же педалью. Такимъ образомъ движеніе необходимо должно совершаться равномерно. Несомнѣнно, что, замѣняя электричество весьма простымъ приспособленіемъ, требующимъ небольшого мышечнаго усилія, С. Тентеръ вводитъ очень значительное упрощеніе.—Графофонный цилиндръ можетъ быть пересылаемъ по почтѣ точно такъ же, какъ и фонографическій; адрезать точно такъ же можетъ безъ труда надѣть полученный цилиндръ на ось своего графофона. Но



Фиг. 36.—Воспроизводящая часть графофона.

\*) Целлюлоидъ есть сложное вещество, состоящее изъ смѣси азотнаго эфира клѣтчатки съ камфорой.

разница въ томъ, что подобный цилиндръ обходится не дороже 7 коп., а пересылка его, въ ящикѣ, стоитъ не болѣе 4 коп.

Безъ сомнѣнія, подобная переписка обойдется нѣсколько дороже, чѣмъ обыкновенная наша переписка, но за то этотъ чудесный способъ даетъ намъ возможность „говорить“ свои письма.

Достигъ ли уже фонографъ высшей возможной для него степени совершенства? Самъ Эдиссонъ, конечно, лучше всѣхъ можетъ отвѣтить на этотъ вопросъ. Вотъ что онъ сказалъ корреспонденту одной большой нью-йоркской газеты \*) на Всемирной выставкѣ:

„Я думаю, что фонографъ,—говоря о приборахъ, сдѣланныхъ въ моихъ мастерскихъ въ самое послѣднее время,—почти достигъ совершенства. Вы понимаете, что обыкновенный фонографъ, употребляющійся въ промышленности, не идетъ ни въ какое сравненіе съ тѣми специальными аппаратами, которыми я пользуюсь для своихъ опытовъ. Сила звуковъ, получаемыхъ мною помощью послѣднихъ, настолько значительна, что рѣчь можетъ отлично слышаться цѣлая обширная аудиторія. Послѣднія мои усовершенствованія касаются преимущественно придаточныхъ звуковъ, которые именно и составляютъ слабую сторону фонографа. Въ теченіи семи мѣсяцевъ я работалъ по восемнадцати-двадцати часовъ въ сутки надъ однимъ словомъ „снечія“. Сколько разъ я имъ повторялъ въ фонографъ: *снечія снечія, снечія, снечія*, приборъ упрямо твердилъ все одно и то же: *нечія, нечія, нечія*. Ничего другого, не смотря на всѣ мои старанія, и добиться отъ него не могъ. Можно было съ ума сойти. Но я не унылъ духомъ и настойчиво продолжалъ свою работу до тѣхъ поръ, пока не добился того, чего желалъ. Результатъ таковъ, что теперь вы можете читать изъ книги въ фонографъ тысячу словъ, по 180 словъ въ минуту, и приборъ повторитъ ихъ затѣмъ безъ всякаго пропусковъ. Вы поймете, насколько трудна была задача, которую я себѣ поставилъ — и рѣшилъ, если я скажу вамъ, что сдѣлалъ, получающіеся на цилиндрѣ во время приданія въ словъ „снечія“, нить глубины не болѣе одной миллионной части дюйма и совершенно невидимъ даже подъ микроскопомъ. Такъ я работалъ.

Я не теоретикъ и отнюдь не претендую на ученость. Теоретики и ученые создаютъ свою славу тѣмъ, что въ самыхъ изысканныхъ выраженіяхъ разъясняютъ то, что сдѣлали трудами другихъ. Но въ ихъ формулы, взятая вѣсть, никогда не далъ міру болѣе двухъ-трехъ не особенно важныхъ изобрѣтеній. Очень легко дѣлать удивительныя открытія, но *трудности состоитъ въ усовершенствованіи изъ настолько, чтобы они получили практическую цѣнность. Вотъ этимъ-то я и занимаюсь*“.

Судя по этому объясненію, кончающемуся чисто американской и далеко не идеалистической исповѣдью, можно полагать, что фонографъ уже сказалъ свое послѣднее слово, или скорѣе—что онъ готовъ впредь говорить и повторять сколько угодно словъ... Въ началѣ этой главы, посвященной фонографу, мы напомнили мысль Паскаля: „Умъ скорѣе утомится постигать, чѣмъ природа давать ему матеріалъ“. Нужно замѣтить, что въ умѣ человѣческомъ давно уже зародилась мысль о сохраненіи и воспроизведеніи рѣчи,—та самая мысль, которую наука нынѣ осуществляетъ на практикѣ. Именно, въ одномъ сатирическомъ журналѣ, издававшемся въ 1632 г. (*Правдивый Курьеръ*), находимъ слѣдующія строки: „Капитанъ Фостерлохъ благополучно возвратился изъ своего путешествія въ южныя страны, предпринятаго имъ два съ половиной года тому назадъ, по порученію Голландскихъ Генеральныхъ Штатовъ. Между прочимъ, онъ рассказываетъ, что, пробѣжавъ проливъ, поуживъ Магелланова, онъ высадился на такой землѣ, гдѣ имѣются особенныя губки, обладающія способностью воспринимать и сохранять всякіе звуки, не исключая членораздѣльной рѣчи, подобно тому, какъ наши губки вбираютъ въ себя жидкости. Такимъ образомъ, если обитателю этой страны хотѣлось увѣдомить о чемъ-либо своего пріятеля, находящагося на далекомъ разстояніи отъ него, или завести съ нимъ бесѣду, ему стоить только сказать что нужно въблизи такой губки и затѣмъ переслать ее пріятелю. Послѣдній, получивъ ее, легонько ее выжмаетъ и такимъ образомъ заставляетъ ее сообщить все, что ей было передано“ \*\*).

Журналистъ 1632 г. высказывалъ эту мысль, какъ шутку, столь же чудесную, сколько и невѣроятную, а чрезъ 257 лѣтъ фонографъ превратилъ ее въ дѣйствительность!“

\*) Нью-йоркскій Вѣстникъ (*New-York Herald*), 15 августа 1889 г.

\*\*) Национальная бібліотека, *Правдивый Курьеръ*, апрѣль 1632 г. (Въ Национальной бібліотекѣ нѣтъ двѣ единственныя книжки этого журнала—за апрѣль и ноябрь 1632 г.).



Фиг. 38. — Въ 1650 г. курьеръ совершалъ путь изъ Парижа въ Марсель въ пятнадцать дней (350 часовъ).

## Глава II.

### Телефонъ.

„Ты тамъ, пріятель?“ — „А, вотъ и ты! Сразу узналъ тебя по голосу.“ — „Какъ же не узнать? Не знай я точно, что ты въ Марселѣ, пари держалъ бы, что ты говоришь изъ смежной комнаты!“ — „Совершенно то же самое и я испытываю. Удивительное это изобрѣтеніе, право!“ — „Что и говорить! Да жаль, — удовольствіе неполное: интересно бы и повидать пріятеля!“ — „Ты чрезъчуръ требователенъ, мой другъ. Да отчего-жъ тебѣ не съѣздить въ Марсель, если хочешь видѣть меня? У насъ теперь такая славная погода: сейчасъ, въ декабрѣ-то, солнышко свѣтитъ, какъ весной.“ — „А въ Парижѣ десять градусовъ ниже нуля! Радъ бы погрѣться тамъ у васъ, да очень ужъ далеко — 800 верстъ слишкомъ, — 15 часовъ ѣзди по желѣзной дорогѣ туда и столько же обратно. Гдѣ время-то взять?“... Однако же, этотъ парижанинъ, которому некогда было съѣздить въ Марсель повидаться съ пріятелемъ, преспокойно разговаривалъ съ нимъ, причемъ слова его пролетали мгновенно такое разстояніе, которое онъ въ самомъ быстромъ поѣздѣ, могъ бы пробѣжать лишь въ 14 часовъ 19 минутъ. Какимъ же образомъ онъ могъ вести подобный разговоръ?

Поднявшись по высокой лѣстницѣ въ контору биржи, онъ обратился къ чиновнику, сидѣвшему за форточкой, и сообщилъ фамилію своего пріятеля, который, какъ было условлено, долженъ былъ находиться въ это время въ конторѣ марсельской биржи. Чиновникъ, удостовѣрившись еще неизвѣстнымъ намъ способомъ, что вызываемое лицо находится въ марсельской конторѣ, выдалъ за

4½ франка (около 1 р. 75 коп.) билетъ на разговоръ въ теченіе 5 минутъ \*). Запасшись билетомъ, парижанинъ вошелъ въ большой залъ съ шестью кабинетиками, на дверяхъ которыхъ находились надписи: „Ліонъ и Марсель“, „Руанъ“, „Гавръ“, „Реймсъ“, „Лилль“, „Брюссель“. Вошедши въ кабинетикъ „Ліонъ и Марсель“—тѣсную будку, обитую сукномъ и освѣщенную электрической лампочкой, онъ снялъ съ крючковъ двѣ трубки, приложилъ ихъ къ ушамъ, облокотился на предназначенную для этой цѣли стойку и завелъ уже извѣстный намъ разговоръ, говоря передъ деревянной дощечкой, расположенной въ уровень съ его лицомъ. Эта дощечка представляла для него марсельскаго пріятеля. При по-



Фиг. 39.—Телефонъ изъ Парижа въ Марсель: телефонный кабинетикъ на парижской биржѣ.

средствію трубокъ онъ слышалъ, что говорилъ пріятель, слышалъ отвѣты на свои вопросы.

Этотъ аппаратъ, благодаря которому друзья легко могли переговариваться между собою на такомъ большомъ разстояніи, есть *телефонъ* \*\*).—Разговоръ по телефону, даже на такомъ значительномъ разстояніи, какое отдѣляетъ Марсель отъ Парижа, считается въ настоящее время обычнымъ дѣломъ. Не далѣе какъ 23 января 1890 г. Камилль Фдаммаріонъ произнесъ по телефону рѣчь изъ Парижа въ Марсель, именно въ марсельское ученое Общество имени Фдаммаріона, собравшееся въ этотъ день по случаю принятія національнаго часа для всей Франціи по Парижскому астрономическому меридіану.

Любопытно прослѣдить, какія послѣдовательныя ступени прошла человѣческая мысль, человѣческая изобрѣтательность прежде, чѣмъ было сдѣлано это чудесное открытіе, которое приносимъ зарожденію казалось всѣмъ дерзкой, безумной фантазійей, а затѣмъ, получивши полное осуществленіе, стало ка-

заться „нашему вѣку“ даже слишкомъ простымъ.

Давнымъ-давно люди должны были признать, что обыкновенная слышимость человѣческаго голоса не удовлетворяетъ житейскимъ потребностямъ. *Самимъ*

\*) Объявленіе извѣщать публику, что разговоръ можетъ длиться самое большое 10 минутъ, если другіе дожидаются очереди.

\*\*) *Статистическій сборникъ министерства общественныхъ работъ* (Национальная типографія 1889 г.) даетъ сравнительныя таблички продолжительности сообщений между отдаленными другъ отъ друга городами въ различныя эпохи.

Въ 17 столѣтіи, въ 1650 г., курьеру на переѣздъ изъ Парижа въ Марсель требовалось 15 дней (360 часовъ) (фиг. 38); въ 1782 г. тотъ же путь въ дилижансѣ совершался въ 17 дней (408 часовъ). „Легкая почта“, введенная Конвентомъ въ 1793 г. и отходившая изъ Парижа ежедневно, шла днемъ и ночью и дѣлала въ среднемъ по 86 верстъ въ часъ; переѣздъ продолжался 8½ сутокъ (108 часовъ). Наконецъ, съ 1840 г. до проведенія желѣзныхъ дорогъ, почтовые кареты дѣлали отъ 12 до 16 верстъ въ часъ.

голоса или звука вообще есть наибольшее разстояніе, на какомъ ухо еще можетъ его воспринимать. Голосъ есть не что иное, какъ рядъ болѣе или менѣе многочисленныхъ, болѣе или менѣе быстрыхъ дрожаній голосовыхъ связокъ. При образованіи голоса гортань дѣйствуетъ на подобіе звучащей трубы съ язычкомъ (напр., гобой или кларнета); воздушная струя, выходящая изъ легкихъ, раздвигаетъ голосовыя связки, открываетъ щель, находящуюся между ними; но благодаря своей упругости, связки тотчасъ же снова сходятся между собой и такимъ образомъ закрываютъ голосовую щель, прерываютъ струю воздуха, которая, однако-же, вслѣдъ за тѣмъ опять раздвигаетъ связки и т. д. Такимъ образомъ голосовыя связки совершаютъ колебательное движеніе, дрожатъ, и это дрожаніе передается окружающему воздуху тѣмъ на большее разстояніе, т. е. имѣетъ тѣмъ болѣею слышимость, чѣмъ оно сильнѣе. Какимъ образомъ распространяются въ воздухѣ эти колебанія?

Замѣтимъ сначала, что не всё тѣла способны производить и проводить звукъ, т. е. не всё они *звукоспособны*. Лишь то тѣло *звукоспособно*, молекулы \*) котораго обладаютъ способностью снова придти въ равновѣсіе, разъ онѣ выведены изъ этого равновѣсія, или покоя, — раздвинуты, разсѣдинены какой-нибудь причиной, напр. ударомъ. Молекулы тѣла, которыя неизмѣримо меньше, нежели мельчайшія песчинки, едва видимыя подъ микроскопомъ, отдѣляются другъ отъ друга промежутками, или порами, въ которыхъ онѣ могутъ двигаться. Въ различнаго рода тѣлахъ молекулы связаны между собой не одинаково крѣпко: въ твердыхъ тѣлахъ онѣ разсѣдиняются съ большимъ трудомъ, онѣ связаны тѣмъ, что называется силой *сцепленія*; въ жидкостяхъ онѣ скользятъ другъ по другу; въ газахъ онѣ отталкиваются. Сила, подѣйствовавшая на какое-нибудь тѣло, измѣняетъ его форму, т. е. сближаетъ между собой или удаляетъ другъ отъ друга его молекулы. Въ первомъ случаѣ, сближенные молекулы занимаютъ меньшее противъ прежняго пространство: онѣ находятся въ состояніи сжатія или сгущенія; во второмъ случаѣ, молекулы, удаленныя другъ отъ друга, занимаютъ большее пространство: онѣ находятся въ состояніи расширенія или разрѣженія. Такія тѣла, молекулы которыхъ стремятся придти въ первоначальное положеніе, называются *упругими* тѣлами. Они тѣмъ болѣе упруги, чѣмъ скорѣе способны принять прежній видъ, разъ они предоставлены самимъ себѣ. Упругость \*\*) есть, такимъ образомъ, существенное условіе звукоспособности, такъ



Фиг. 40. — Телефонъ изъ Марселя въ Парижъ: телефонный кабинетикъ на марсельской бѣржѣ.

\*) Молекулой называется мельчайшая частица вещества.

\*\*) Упругость, или эластичность, — отъ греч. слова *ελαστικός* (эластесъ) — толкающій, двигающій.

какъ, лишь благодаря ей, возможны колебанія молекулъ, колебанія, производящія звукъ. Но для того, чтобы тѣло было звукоспособнымъ, необходимо, чтобы его упругость не была ни слишкомъ мала, ни чрезмерно велика. Такъ, каучукъ не звукоспособенъ, такъ какъ молекулы его слишкомъ быстро возвращаются въ состояние равновѣсія. Между тѣлами наименѣе упругими, какъ вязкая глина, и наиболѣе упругими, какъ каучукъ, есть цѣлый рядъ переходныхъ тѣлъ; наименьшей звукоспособностью отличаются именно эти крайнія тѣла. Наибольшая звукоспособность свойственна тѣламъ, занимающимъ среднее мѣсто въ этомъ ряду; кромѣ того, къ звукоспособнымъ тѣламъ относятся еще воздухъ и вообще газы, хотя они принадлежатъ къ очень упругимъ тѣламъ.



Фиг. 41.—Доказательство упругости воздуха.

Упругость воздуха можетъ быть доказана слѣдующимъ простымъ опытомъ. Возьмемъ стеклянную трубку съ очень толстыми стѣнками *АА* (фиг. 41) наглухо (герметически) закрытую на одномъ концѣ, и введемъ въ открытый ея конецъ поршень, обернутый кожей и потому плотно прилегающій къ стѣнкамъ трубки. Вдвигая поршень глубже, мы чувствуемъ сопротивление, растущее по мѣрѣ вталкиванія поршня; затѣмъ, отнимая руку отъ поршня, видимъ, что поршень выдвигается. Слѣдовательно, воздухъ—упругое тѣло, такъ какъ, будучи сжатъ, онъ смогъ занять свое прежнее положеніе, свой прежній объемъ. Поршень, какъ бы самъ собою выдвигающійся къ отверстію трубки, служитъ вѣрнымъ доказательствомъ упругости воздуха.

Молекулы упругаго тѣла, выведенныя изъ равновѣсія, возвращаются въ первоначальное положеніе немедленно; онѣ дѣлаютъ рядъ движеній впередъ и назадъ, рядъ колебательныхъ движеній, которые производятъ звукъ и которые мы уже умѣемъ записать на законченномъ стеклѣ или на восковомъ фонографическомъ цилиндрѣ. Если первоначальный толчокъ, выведшій эти молекулы изъ состоянія покоя, не получаетъ дальнѣйшей поддержки, то размахъ колебанія все болѣе и болѣе уменьшается и, наконецъ, скоро уничтожается.

Для того, чтобы хорошо понять характеръ движенія этихъ молекулъ, прослѣдимъ движеніе одной изъ нихъ. Молекула *М*, выведенная изъ положенія равновѣсія *Р* (фиг. 42) и отклоненная въ *А*, стремится возвратиться въ *Р*, что она и дѣлаетъ—въ началѣ пути медленно, а затѣмъ все скорѣе и скорѣе. Но благодаря приобретенной скорости, молекула не останавливается въ положеніи своего равновѣсія, а переходитъ его. Это дѣлается въ силу закона инерціи, состоящаго въ томъ, что всякому тѣлу свойственно сохранять



Фиг. 42.—Колебаніе молекулы.

нать! разъ приобретенное состояніе,—будетъ ли то состояніе покоя, или движенія; другими словами, молекула не можетъ остановиться сама собой, какъ не можетъ безъ посторонней причины придти въ движеніе. Поэтому молекула *М* продолжаетъ свое движеніе до *В*, затѣмъ опять возвращается въ положеніе равновѣсія *Р*, которое она, въ силу приобретенной скорости, снова переходитъ; это колебательное движеніе, подобное движенію маятника, молекула продолжаетъ до тѣхъ поръ, пока скорость ея не будетъ исчерпана—отчасти вслѣдствіе тренія о смежныя молекулы, отчасти вслѣдствіе передачи послѣднимъ нѣкоторой части своего движенія; тогда она, наконецъ, останавливается въ положеніи своего естественнаго равновѣсія *Р*.

Если же, напротивъ, первоначальный толчокъ, данный молекулѣ, поддер-



живается, повторяется, продолжается, то колебания молекул достигают такого размаха, который преодолевает силу сцепления, и тѣло ломается. Въ однихъ случаяхъ для преодоленія сцепленія между частицами требуется весьма значительная сила. Такъ, дрожанія частицъ металлическаго стержня, растягиваемаго грубомъ, достигаютъ размаха, преодолевающего силу сцепленія, лишь при дѣйствіи груза въ нѣсколько тысячъ фунтовъ. Въ другихъ случаяхъ, та же цѣль достигается очень небольшимъ усиліемъ, что видно изъ слѣдующаго весьма простаго опыта. Если стеклянный стержень натирать по направленію его длины кускомъ сукна, смоченнымъ въ подкисленной водѣ, то онъ разобьется на множество осколковъ, какъ бы срѣзанныхъ перпендикулярно къ его оси (фиг. 43). „Никогда не слѣдуетъ забывать,—говоритъ Вюль,—что слабое усиліе, будучи повторено много разъ (при томъ черезъ правильные промежутки времени), способно произвести такіе нарушенія формы тѣла, какихъ не вызоветъ несравненно большая сила, подѣйствовавшая только одинъ разъ.“— Подобно тренію, дѣйствуютъ и повторные удары. Такими мѣрными, періодическими ударами были разорваны желѣзные канаты Анжерскаго височаго моста въ то время, когда по мосту проходили мѣрными шагамъ эскадроны солдатъ \*).

Напомнимъ, что продолжительность движенія отъ А до В вмѣстѣ съ возвращеніемъ изъ В въ А есть *периодъ* колебанія; маятникъ, отбивающій секунды, употребляетъ секунду на движеніе впередъ и секунду на движеніе назадъ; периодъ колебанія этого маятника равенъ, слѣдовательно, двумъ секундамъ. Колеблющаяся молекула М передала часть своего колебанія сосѣднимъ частицамъ, которыя, придя въ колебаніе, въ свою очередь привели въ колебаніе слѣдующія молекулы.

Для уясненія себѣ способа распространенія этихъ колебаній, посмотримъ сначала, какъ распространяются колебанія на поверхности воды. *Волнами* называются движенія, возмущающія поверхность воды. Для того, чтобы понять подобныя движенія, станемъ наблюдать въ тихую, безвѣтренную погоду неподвижную зеркальную поверхность воды. Для того, чтобы понять подобныя движенія, станемъ наблюдать въ тихую, безвѣтренную погоду неподвижную зеркальную поверхность воды. Бросимъ въ какую-нибудь точку О этой поверхности камешекъ, каплю воды, вообще небольшой предметъ. Тотчасъ же образуются круговыя и подвигныя неровности на поверхности воды, центромъ которыхъ служитъ мѣсто паденія брошеннаго предмета. Это круговыя волны. „Это явленіе,—говоритъ Ламе \*\*),—легко уяснить себѣ, замѣтивъ, что молекулы воды, внезапно опущенныя (падающимъ предметомъ) въ центрѣ сотрясенія, колеблются вертикально прежде, чѣмъ придти въ покой; это колебательное движеніе передается все дальше и дальше, во всѣ стороны съ одинаковой скоростью. Еслибъ можно было устроить такъ, чтобы точка О сдѣлала только одно колебаніе, то образовалась бы только одна круговая волна, которая при своемъ распространѣніи



Фиг. 43.—Стеклянный стержень, разбитый колебаніями съ большими размахомъ.

\*) 16 апрѣля 1850 г. Физ. 44.

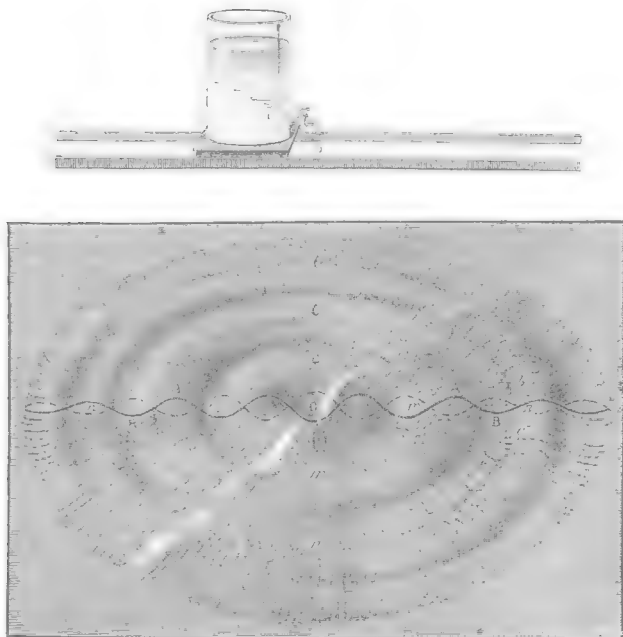
\*\*) *Механическая теорія упругости твердыхъ тѣлъ*, Габриѣля Ламе, французскаго геометра, родившагося въ 1795 г., умершаго въ 1870 г. Ламе былъ профессоромъ Политехнической школы и членомъ Института.



Фиг. 44.—Несчастіе съ Анжерскимъ висячимъ мостомъ (16 апрѣля 1850 г.).

получала бы все больший и больший радиусъ, но въ то же время уплотчалась бы въслѣдствіе постепеннаго уменьшенія высоты, то-есть амплитуды, размаха колебанія.

Отдѣльной волны въ природѣ не существуетъ. Вообще паденіемъ небольшого тяжелаго тѣла вызывается множество послѣдовательныхъ, съ все меньшимъ и меньшимъ размахомъ, колебаній въ центрѣ сотрясенія и, въслѣдствіе этого, множество круговыхъ волнъ, распространяющихся одна за другою. Если мы будемъ поддерживать центръ сотрясенія въ постоянномъ колебаніи, выпуская изъ крана цѣлый рядъ капель воды, равныхъ по объему и слѣдующихъ другъ за другомъ чрезъ одинаковыя промежутки времени, то вся поверхность воды скоро покроется круговыми волнами. Въ теченіе половины того времени, какое употребляетъ

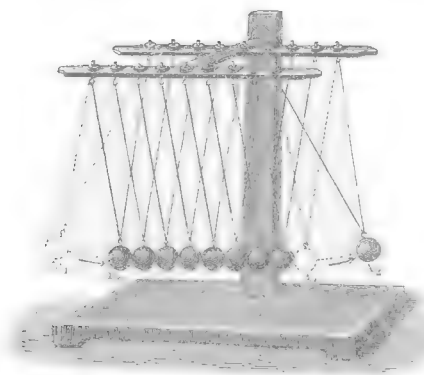


Фиг. 45.—Водяные круги: возвышенныя и углубленныя волны.

капли, чтобы замѣстить предыдущую, поднятіемъ воды въ мѣстѣ А образуется возвышенная волна. Въ теченіе слѣдующаго равнаго промежутка времени въ А образуется углубленіе, такой же формы, какъ возвышеніе, и имѣющее въ глубину столько же, сколько и въ высоту. Затѣмъ вода опять поднимается для того, чтобы вновь опуститься, и эти послѣдовательныя поднятія и опусканія воды продолжаются до тѣхъ поръ, покуда поддерживается колебаніе въ центрѣ сотрясенія. Возвышенная волна А вмѣстѣ съ слѣдующей углубленной волной В. (Фиг. 45) заключены между двумя окружностями  $mn$  и  $m'n'$ , радиусы которыхъ  $om$  и  $o'n'$  разнятся на длину  $mn$ ; эта разница, независимая отъ взятой (первой) волны А, называется *длиною волны*. Эта длина будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ бы- стрѣе слѣдуютъ одна за другой капли, падающія въ О. Съ другой стороны, волны

тѣмъ больше выражены, тѣмъ сильнѣе, чѣмъ значительнѣе сотрясеніе въ О, т.-е. чѣмъ больше, напр., капли воды, вызывающія своимъ паденіемъ это сотрясеніе.

Нужно ли говорить, что молекулы воды, приведенной въ движеніе въ О не ушли съ своего мѣста, не унеслись къ берегамъ? Это доказывается простымъ наблюденіемъ. Всякій поплавочъ, соломинка, напр., принимаетъ участіе во всѣхъ движеніяхъ той жидкости, въ которую онъ погруженъ нѣкоторою своею частью; еслибы жидкость, при своемъ вольнообразномъ движеніи, унеслась, она увлекла бы съ собою и поплавочъ; но опытъ показываетъ, что поплавочъ остается на мѣстѣ и только періодически поднимается и опускается на томъ мѣстѣ, гдѣ находится; такимъ образомъ онъ весьма наглядно указываетъ на характеръ волнъ; своимъ поднятіемъ онъ указываетъ, что подъ нимъ образуется возвышенная волна, — опусканіемъ, что наступилъ моментъ, когда возвышенная волна смѣняется углубленной волной. Въ то же время движеніе поплазка ясно показываетъ, что молекулы перемѣщаются *вертикально*, т.-е. перпендикулярно къ уровню воды, на которомъ распространяются волны. Подобныя колебанія называются *поперечными*. Молекула поднимается къ точкѣ в или опускается къ точкѣ с въ то время, какъ движеніе волны распространяется по направленію ОВ (фиг. 45). Если натянутъ веревку въ направленіи ОВ и заставить ее издать извѣстный звукъ, то она приметъ совершенно такой же видъ, какой приняла поверхность воды въ этомъ направленіи. Именно она раздѣлится на нѣкоторое число равныхъ частей, причемъ сосѣднія части будутъ двигаться въ противоположны



Фиг. 46.—Опытъ прямолинейной передачи движенія.

ныхъ направленіяхъ, — каждая будетъ попеременно подниматься и опускаться, выходя такимъ образомъ изъ того положенія ОВ, которое принимаетъ натянутая веревка, находящаяся въ покоѣ (фиг. 45). Эта передача движенія отъ одной частицы къ другой *безъ переноса вещества* есть фактъ большой важности. Какъ нельзя болѣе ясное объясненіе ему дано Гюйгенсомъ \*). Опыты, позволившіе знаменитому физику построить свою прекрасную теорію свѣта, будутъ намъ весьма полезны въ дальнѣйшихъ главахъ. Эти опыты учатъ, какими средствами пользуется природа для распространенія какого-либо движенія чрезъ столь разнообразныя, видимыя и невидимыя среды и доведенія ощущенія до нашихъ различныхъ органовъ.

Въ *Ученіи о светѣ*, написанномъ на французскомъ языкѣ и изданномъ во Франціи въ 1690 году, Христіанъ Гюйгенсъ говоритъ слѣдующее: „Требуется объяснить, какимъ образомъ твердыя тѣла передаютъ движенія одинъ другимъ. Если взять нѣсколько шаровъ, одинаковыхъ по величинѣ (фиг. 46) и одѣланныхъ изъ очень твердаго матеріала, и расположить ихъ въ рядъ по прямой линіи такъ, чтобы они касались другъ друга, то найдемъ, что послѣ удара подобнымъ

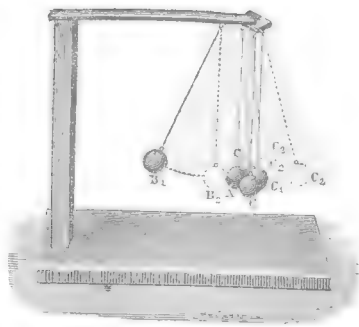
\*) Голландскій физикъ, геометръ и астрономъ, род. въ Гагѣ въ 1629 г., умеръ въ 1695 г., привезенный во Францію Кольберомъ въ 1665 г., получалъ ежегодное содержаніе и помѣщеніе въ зданіи Королевской бібліотеки; оставилъ Францію послѣ отъѣзду Нантскаго епископа.

же шаромъ  $D_1$  о первый изъ этихъ шаровъ, движеніе какъ бы мгновенно передается послѣднему  $A_1$ , который отдѣляется отъ остальныхъ и отскакиваетъ въ  $A_4$ , причемъ остальные, повидимому, остаются на своихъ мѣстахъ и даже ударившій остается неподвижнымъ съ ними въ  $D_4$ . Здѣсь виденъ примѣръ передачи движенія съ чрезвычайно большой скоростью, которая тѣмъ больше, чѣмъ тверже шары. Это движеніе постепенное, и потому для его передачи требуется нѣкоторое время, ибо, еслибы движеніе (или, если угодно, наклонность къ движенію\*) не прошло послѣдовательно черезъ всѣ эти шары, то оно одновременно сообщилось бы всѣмъ шарамъ, которые подвинулись бы, чего на самомъ дѣлѣ не происходитъ, такъ какъ лишь послѣдній оставляетъ весь рядъ и приобретаетъ скорость того шара, который былъ пущенъ первоначально. Всѣ тѣ тѣла, которыхъ мы считаемъ наиболѣе твердыми—закаленная сталь, стекло, агаты,—обладаютъ свойствами пружины, сжимаемы въ нѣкоторой степени не только, когда имѣютъ видъ прута, но также въ шарообразной или другой формѣ (видно, что Гюйгенсъ, не употребляя термина *упругость*, говоритъ здѣсь именно объ этомъ свойствѣ тѣла, причины котораго, впрочемъ, онъ не зналъ, какъ не знаемъ и мы ея до сихъ поръ), т.-е. входятъ немного въ самихъ себя въ томъ мѣстѣ, гдѣ былъ произведенъ ударъ, но вслѣдъ за тѣмъ снова принимаютъ прежнюю форму. Именно, я наметилъ, что послѣ удара стекляннымъ шаромъ въ кусокъ толстаго стекла съ плоской и слегка потускнѣвшей поверхностью (отъ дыханія, наприм.) на немъ остаются круглые отпечатки, большей или меньшей величины, смотря по тому, былъ ли ударъ силенъ или слабъ. Это указываетъ на то, что эти тѣла сжимаются при столкновеніи другъ съ другомъ и затѣмъ приходятъ въ прежній видъ, а для этого требуется время". — При этомъ нѣтъ надобности располагать шары по направленію прямой линіи.

„Въ самомъ дѣлѣ, если шаръ  $A$ , касающійся нѣсколькихъ другихъ подобныхъ ему шаровъ  $C_1C_2C_3$  (фиг. 47), получитъ ударъ другимъ шаромъ  $B_1$ , такъ что окажетъ давленіе на всѣ эти шары  $C_1$ , онъ передастъ имъ все свое движеніе, и они отойдутъ въ  $C_4C_5C_6$ , а самъ онъ послѣ этого останется въ покоѣ, какъ и шаръ  $B_1$ , который останавливается въ  $B_2$ “. — Замѣтимъ, однако, что  $B_1$  отскочилъ бы, т.-е. часть движенія отразилась бы, если бы шаръ  $B_1$  былъ меньше остальныхъ шаровъ.

„Прибавимъ, что нѣсколько движеній, приходящихъ съ различныхъ, даже съ противоположныхъ сторонъ, могутъ сообщаться одной и той же молекулѣ не только въ томъ случаѣ, если она получаетъ удары, слѣдующіе другъ за другомъ, но даже и въ случаѣ одновременныхъ ударовъ, благодаря именно постепенности въ распространеніи движенія. Это можетъ быть доказано на вышеприведенномъ рядѣ одинаковыхъ твердыхъ шаровъ: если ударить крайніе шары одновременно съ двухъ противоположныхъ сторонъ двумя одинаковыми шарами, то увидимъ, что каждый изъ послѣднихъ отскочитъ съ той же скоростью, съ какой былъ пущенъ, а весь рядъ останется въ покоѣ, несмотря на то, что движеніе прошло чрезъ всю его длину и притомъ по двумъ направленіямъ“.

Этотъ примѣръ хорошо показываетъ, какимъ образомъ незначительныя



Фиг. 47.—Передача движенія во всѣ стороны.

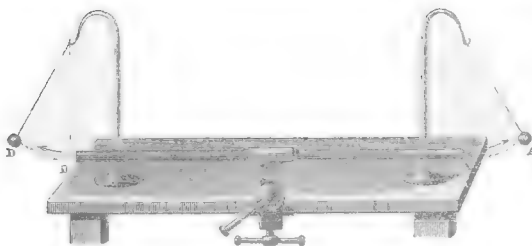
\*) То, что теперь называется упругостью.

движенія могутъ встрѣчаться, перекрещиваться, не мѣшая другъ другу, какъ мы говорили въ предыдущей главѣ.

„И если эти противоположныя движенія встрѣчаются на одномъ шарѣ, послѣдній долженъ сжаться и затѣмъ принять прежнюю форму и такимъ образомъ одновременно передать оба эти движенія“.

Тѣ же опыты можно легко повторить, беря вмѣсто ряда шаровъ стержень. Фигура 48 представляетъ то явленіе, которое происходитъ вслѣдствіе одновременнаго удара двухъ шаровъ А и В о концы стержня. Шары обмѣниваются движеніями и возвращаются назадъ.

Было сказано, что измѣнившее свой видъ тѣло не мгновенно принимаетъ прежнюю форму, но предварительно сдѣлавъ нѣсколько колебаній. Эти колебанія,



Фиг. 48.—Одновременный удар и обмѣнъ движеній.

являющіяся возможными благодаря упругости тѣла, суть причина звука. Движенія эти могутъ быть переданы изъ одного мѣста въ другое чрезъ среду, подобную стержню, который, самъ не приходя въ замѣтное движеніе, позволяетъ шарамъ А и В обмѣняться движеніями.

„Мы знаемъ,—говоритъ Гюйгенсъ,—что звукъ посредствомъ воздуха распространяется во всѣ стороны изъ того мѣста, гдѣ онъ былъ произведенъ, причемъ движеніе послѣдовательно переходитъ изъ одной части воздуха въ другую (не унося каждой молекулы за предѣлы размаха ея колебанія); такъ какъ распространеніе этого движенія совершается съ одинаковою скоростью, во всѣ стороны, то должны образоваться какъ бы шаровыя поверхности (гдѣ воздухъ попеременно сгущается и разрѣжается), которыя, все болѣе и болѣе увеличиваясь, доходятъ, наконецъ, до нашего уха. Я называю эти поверхности шаровыми, сферическими волнами, по нѣкоторому сходству ихъ съ тѣми волнами, какія образуются на поверхности воды, когда мы бросаемъ въ воду камень“.

„Легко понять, какъ происходитъ явленіе, называемое звукомъ, если замѣтить, что воздухъ можетъ быть сжатъ до гораздо меньшаго объема, нежели тотъ, какой онъ занимаетъ обыкновенно, и что по мѣрѣ того, какъ его сжимаютъ, онъ стремится расшириться; такъ что причина распространенія звуковыхъ волнъ есть именно то усиліе, какое дѣлаютъ сталкивающіяся молекулы воздуха для того, чтобы расшириться, когда онѣ претерпѣваютъ нѣкоторое сжатіе“.—Надо, однако, замѣтить, что движеніе молекулъ воздуха совершается въ одномъ направленіи съ распространеніемъ этого движенія; поэтому воздушныя колебанія называютъ продольными. Подобно тому, какъ вокругъ центра сотрясенія на какой-нибудь жидкой поверхности мы видимъ рядъ круговыхъ волнъ, находящихся все на одномъ и томъ же мѣстѣ, но попеременно то поднимающихся надъ уровнемъ жидкости, то опускающихся ниже его, мы должны себѣ представить воздухъ, кругомъ звучащаго колокольчика (фиг. 50). Если на нѣкоторомъ протяженіи воздуха, окружающій колокольчикъ и заключенный въ шаръ радіуса  $Om$ , находится, въ состояніи сжатія или сгущенія, то слой воздуха, заключенный между шаровыми поверхностями радіусовъ  $om$  и  $on$ , находится въ состояніи расширенія или разрѣженія; между шаровыми поверхностями  $on$  и  $op$  онъ находится въ состояніи сгущенія и такъ далѣе. Это состояніе длится половину того времени, какое употребляетъ колокольчикъ, чтобы сдѣлать одно полное колебаніе; другая поло-

вина соответствуетъ обратному состоянію: тамъ, гдѣ было сгущеніе воздуха, тамъ дѣлается разрѣженіе, и наоборотъ. Сжатіе въ шарѣ *от*, — сжатіе, которое есть начало всему тому, что происходитъ далѣе, — совершается въ то время, когда молекулы колокольчика, стремясь наружу, ударяютъ воздухъ; въ то время, когда молекулы возвращаются назадъ, происходитъ разрѣженіе, ибо для воздуха, окружающаго шарообразный колокольчикъ, открывается большее пространство. Длина *тп*, т.-е. длина расширеннаго слоя *тп* и сгущеннаго *ир* вмѣстѣ, есть *длина волны* звука, произведеннаго колокольчикомъ. Эта длина, представляющая собой



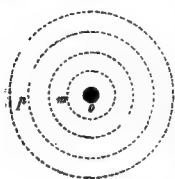
Фиг. 49.—Христианъ Гюгенотъ, наблюдающій „наклонность къ движенію“, или упругость тѣл.

толщину слоя воздуха, пройденная звукомъ за время одного колебанія колокольчика, очевидно, тѣмъ короче, чѣмъ меньше продолжительность этого колебанія т.-е. чѣмъ звукъ выше\*). Сгущенныя волны сжимаютъ воздухъ, находящійся влѣ-

\*) Очень часто звукъ опредѣляютъ длиною его воздушной волны. Вычислимъ, чему равна длина волны у ноты *la*<sub>2</sub> въ воздухѣ, зная, что эта нота происходитъ отъ 435 колебаній въ секунду и что скорость распространенія звука въ воздухѣ равна 1115,5 фута въ секунду. Такъ какъ 435 колебаній даются одну секунду, то одно колебаніе будетъ длиться только одну 435-ю часть секунды, и такъ какъ звукъ проходитъ 1115,5 фут. въ секунду, то въ теченіе одного колебанія онъ пройдетъ расстояние въ 435 разъ меньшее, т.-е.  $\frac{1115,5}{435} = 2,564$  фут. Следовательно, длина волны у ноты *la*<sub>2</sub> равна 2,564 футамъ. Подобное же вычисленіе показываетъ, что длина волны у самаго низкаго звука (16 колебаній въ секунду) равна 69,719 фут., а длина волны у самаго высокаго звука (38,000 колебаній въ секунду) равна только 3,5 линіи.

служитъ проходъ; расширенныя волны, въ свою очередь, уменьшаютъ количество этого воздуха; такъ что барабанная перепонка, оттолкнутая (сгущенной волной) и вслѣдъ за тѣмъ притянута (расширенной волной) испытываетъ полное колебаніе. Такъ распространяется звукъ отъ звучащаго тѣла къ уху.

Колебанія способны не только двигать барабанную перепонку или упругую пластинку у фонографа, — перемѣщать ихъ на нѣсколько микроновъ (микроны есть  $\frac{1}{1000}$  миллиметра, т.-е. равенъ приблизительно 0,0004 линіи), но и приводить въ движеніе маленькія рабочія машинки. Слѣдовательно, дрожащій воздухъ есть рабочая сила и въ рукахъ физика онъ является, правда, въ меньшей степени, но такимъ же по качеству источникомъ энергіи, какъ вѣтеръ, надувающий парусъ корабля или вертящій крылья мельницы, и какъ паденіе воды, двигающее сильнѣйшія машины. До сихъ поръ слишкомъ мало занимались утилизаціей звуковыхъ колебаній. Между тѣмъ, мы замѣтили на Всемирной выставкѣ 1889 г. приборъ, который Эдиссонъ называетъ *мотофономъ* \*).



Фиг. 50. — Распространеніе колебаній въ воздухѣ.

утилизировать всѣ звуковыя волны. Когда говорятъ, поютъ или играютъ на инструментахъ предъ амбюшуромъ Е, звуковыя колебанія ударяются о слюдовый кружокъ въ кольцевой оправѣ А. Къ этому кружку прирѣплена металлическая горизонтальная ручка, загнутый конецъ которой прижимается къ зубчатому колесу. Звуковыя колебанія, перемѣщая слюдовый кружокъ, приводятъ въ движеніе эту ручку, которая, въ свою очередь, вращаетъ зубчатое колесо вмѣстѣ съ насаженнымъ на ту же ось маховымъ колесомъ. Это движеніе помощью безконечнаго ремня S, обхватывающаго барабанъ (маленькое гладкое колесо), насаженный на ту же ось повади маховаго колеса R, можетъ быть сообщено маленькому инструменту, наприм. бравчинку или пилѣ. Въ мотофонѣ, который былъ

выставленъ въ машинной галлерей, звуковыми колебаніями вращался трехцѣпный кружокъ D съ такой скоростью, что ощущенія трехъ цѣптовъ уже не различались отдѣльно. Конечно, это не болѣе какъ попытка, и вопросъ едва намеченъ, но безъ сомнѣнія, наступитъ время, когда звуковыя волны, гармонія которыхъ пока доставляетъ намъ только наслажденіе, превратятся вмѣстѣ съ тѣмъ въ источникъ рабочей силы для нашихъ машинъ \*\*).

\*) Мотофонъ, — отъ латинскаго слова *мовер* (моверъ) — двигать и греческаго — *φων* (голосъ, звукъ); т.-е. звуковой двигатель.

\*\*) Къ прибору Эдиссона на выставкѣ было приложено слѣдующее объясненіе: „Мотофонъ, или голосовой двигатель. Этотъ приборъ показываетъ, что звуковыя колебанія обладаютъ значительной силой. Когда говорятъ надъ діафрагмой изъ слюды, трехцѣпный кружокъ вращается. Эдиссонъ устроилъ небольшой сверля и пилы, приводимыя въ дѣйствіе этими звуковыми волнами; слѣдовательно, помощью слова можно просверлить дыру въ доскѣ“.

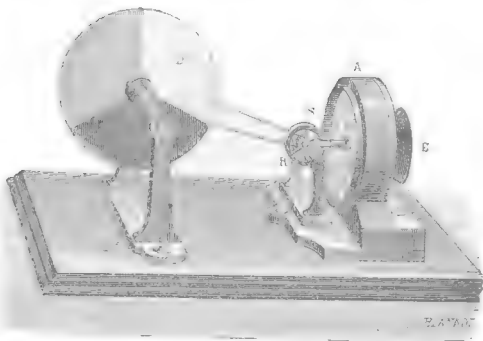
Другой звуковой двигатель, надѣлавшій много шума въ Соединенныхъ Штатахъ въ 1887—88 гг., былъ устроенъ Килъ въ Филадельфіи.

Золотая руда сразу поднялась въ цѣнѣ на биржѣ большихъ американскихъ городовъ. Пошла въ ходъ такая руда, которая давнымъ давно была брошена вслѣдствіе дороговизны обработки. Спекуляція охватила всѣ рудниковыя акціи. Случилось это вотъ по какому поводу. Нѣсколько капитановъ присутствовало въ нѣкѣйшей лабораторіи въ Филадельфіи при опытѣ раздробленія кварца новымъ способомъ. „Изобрѣтатель, — говоритъ Р. Гартъ (Лотосъ, № 18), — стояло только привести въ соприкосновеніе съ машинкой, которую онъ держалъ въ рукахъ, глыбу кварца, какъ послѣдняя мгновенно распылилась въ мельчайшую пыль, посреди которой тамъ и сякъ сверкали куски золота. „Г. Килъ, — сказали присутствующіе, — если вы слѣдуете такимъ же образомъ раздробить кварцевыя горныя породы въ ихъ мѣсторожденіяхъ, мы дадимъ вамъ каждый по чеку на столько-то долларовъ (долларъ 2 рубля)“. Отправились въ Котеканскія горы. Въ теченіе 18 минутъ былъ протѣтъ туннель въ 18 футовъ длинны и 4 фута ширины. Килъ увезъ въ Филадельфію полученный товаръ, а капитанство принялся покупать всѣ брошенные руды, лежащія на пути отъ Нью-Йорка до Санъ-Франциско. Надежды не обманули: дѣла на биржѣ пошли плохо“. — „Килъ, — пишетъ г-жа Б. Муръ въ газетѣ *Филадельфійскій Исследователь* отъ 20 января 1888 г., — обманутый въ своей надеждѣ исторгнуть у природы одну изъ наиболее ревниво оберегаемыхъ ея тайнъ, оставивъ свою



Мы сказали, что колебательное движеніе воды имѣетъ характеръ круговыхъ волнъ. Однако же не слѣдуетъ думать, что эти волны всегда и строго круговыя. При внимательномъ изслѣдованіи не трудно убѣдиться, что онѣ могутъ принимать самыя причудливыя формы: все зависитъ отъ формы предмета, ударяющаго въ воду, или, иначе, отъ взаимнаго расположенія ударяемыхъ точекъ О. Если палка падаетъ на воду такимъ образомъ, что всѣ точки по ея длинѣ одновременно ударяютъ воду, то въ обѣ стороны отъ палки отходятъ прямолинейныя и параллельныя палкѣ волны, дугообразно соединяющіяся около крайнихъ точекъ палки; если бы однѣ эти крайнія точки ударили воду, то на ней получились бы двѣ системы уже извѣстныхъ намъ круговыхъ, концентрическихъ волнъ. Въ томъ случаѣ, когда точки, лежащія по длинѣ палки, достигаютъ поверхности воды не одновременно, а одни за другими, то прямолинейныя волны образуютъ между собой нѣкоторый уголъ. Тѣ же опыты можно произвести, выпуская изъ сосуда съ водой рядъ капель и передвигая при этомъ сосудъ сообразно преслѣдуемой цѣли. Такимъ образомъ можно получить множество центровъ сотрясенія, какъ въ случаѣ палки.

Гюйгенсъ показалъ, что въ каждомъ случаѣ можно предсказать, какова будетъ форма полученныхъ волнъ. Пусть сосудъ перемищается въ теченіи одной секунды, и за это время изъ него будетъ выпущено четыре капли  $O_1O_2O_3O_4$  (фиг. 52). Если бы



Фиг. 51.—Мотофонъ.

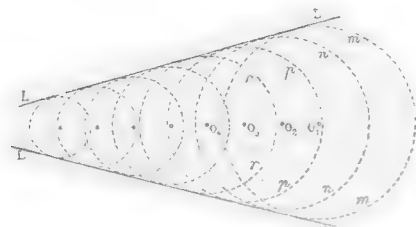
упала одна капля  $O_1$  то получилась бы одна круговая волна, которая дошла бы до  $mn$  по прошествіи секунды. Одна  $O_2$  дала бы за это время волну  $np$ ,  $O_3$  — волну  $qr$ , а  $O_4$  — волну  $st$ . Всѣ эти круговыя волны, какъ видно на чертежѣ, имѣютъ общія касательныя линіи  $LL$ . Впослѣдствіи мы увидимъ, какую выгоду сдѣлалъ извѣдчикъ изъ этого наблюденія Христіанъ Гюйгенсъ.

И воздушныя волны, подобно водянымъ, могутъ имѣть самыя различныя, самыя случайныя формы. Между прочимъ онѣ могутъ быть и шаровыми, какъ волны на поверхности воды — круговыми. Пояснимъ это примѣромъ. Возьмемъ рядъ равныхъ по объему колокольчиковъ, очень маленькихъ и одновременно звучащихъ (фиг. 53). Отдѣльно взятые, они дали бы волны, занимающія положенія  $MM'M'$ . Но сложная волна, образующаяся изъ всѣхъ подобныхъ первичныхъ, или

воздушную машину и адамовскіе подвергся судебному преслѣдованію со стороны акціонерной Компаніи двигателя Кили. Тогда онъ уничтожилъ всѣ свои чудесныя модели и заявилъ, что, если онъ попадетъ въ тюрьму, то его преслѣдователямъ удастся воспользоваться — развѣ его трупами?!

Двигатель Кили состоялъ, по Гартману, изъ полого кольца, внутри котораго находилось нѣсколько круглыхъ металлическихъ колецъ, дававшихъ отголосокъ (резонаторовъ). По срединѣ лежало кольцо съ двумя рядами трубокъ постепенно возрастающихъ размѣровъ — на подобіе органики, а въ центрѣ помѣщался вращающійся кружокъ. Въ нижней части — небольшой полый шаръ, изъ котораго выходилъ проволоочный проводникъ. Для приведенія прибора въ дѣйствіе ударяли ногой одинъ изъ замкнutoвъ, расположенныхъ снаружи. Въ этомъ приборѣ, который, въ сущности, былъ лишь оригинальнымъ устройствомъ резонаторовъ, многочисленныя колебанія развивали, какъ говорятъ, значительную силу, переходившую во вращательное движеніе кружка, благодаря тѣмъ пружинамъ, — стѣнкамъ описанныхъ колецъ, — которыя они многократно встрѣчали на пути своего распространенія.

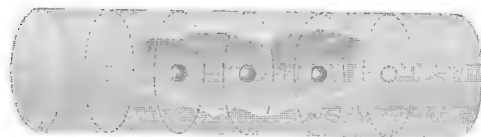
элементарныхъ волнъ ММ'М'', имѣетъ видъ цилиндрической поверхности, причѣмъ основаніями цилиндра служатъ отрѣзки шаровой поверхности. Стержень, котораго всѣ точки дрожали бы одновременно, точно также произвелъ бы цилиндрическія волны, съ основаніями, представляющими отрѣзки шаровой поверхности. Слѣдовательно, форма звуковыхъ волнъ зависитъ отъ формы звучащаго тѣла. Для лучшаго усвоенія этихъ мыслей допустимъ, что ротъ, которымъ производится и поддерживается звукъ, есть центръ шаровыхъ волнъ, распространяющихся звуковъ во всѣ стороны. Для того, чтобы сохранить силу звука въ опредѣленномъ направленіи, слѣдуетъ воспрепятствовать колебательнымъ движеніямъ



Фиг. 52.—Прямолінейная водяная волна.

разсѣяться по другимъ направленіямъ. Именно къ этой цѣли совершенно инстинктивно стремился человѣкъ, когда онъ для усиленія голоса сталъ складывать руки около рта въ видѣ трубки, образуя такимъ образомъ какъ бы продолженіе рта. Впослѣдствіи эта трубка, предназначенная для того, чтобы вѣрнѣе донести къ цѣли человѣческой глотать, была усовершенствована и получила

название говорной трубы, или рупора. Рупоръ есть коническая труба, имѣющая узкое отверстіе для рта и оканчивающаяся широкимъ воронкообразнымъ раструбомъ (назвѣмонъ). Рупоры, употребляющіеся моряками, имѣютъ въ длину обыкновенно немного меньше сажени, а раструбъ вершковъ 7 въ диаметрѣ. Известны рупоры, имѣющіе въ длину около 3 сажени и передающіе голосъ на 3 версты. Черезъ хороший рупоръ обыкновенныхъ размѣровъ можно передать только крикъ, но не членораздѣльную рѣчь.



Фиг. 53.—Цилиндрическая воздушная волна.

какимъ образомъ относительно столь небольшой инструментъ даетъ возможность слышать голосъ на такомъ большомъ разстояніи? Прежде предполагали, что усиленіе звуковыхъ волнъ происходитъ благодаря отраженію ихъ отъ внутренней поверхности трубы, вслѣдствіе конической формы воздушнаго столба, изъ котораго исходитъ первое колебательное движеніе, и что слышимость звука въ известномъ направленіи увеличивается въ ущербъ слышимости въ другихъ направленіяхъ. Это объясненіе представляется довольно вѣроятнымъ. Но строго говоря, удовлетворительнаго объясненія дѣйствія рупора еще не существуютъ.

Способъ усиленія звуковъ въ опредѣленномъ направленіи получалъ дальнѣйшее развитіе въ устройствѣ столь распространенныхъ теперь *слуховыхъ трубъ*. Теоретически разсуждая, голосъ посредствомъ трубъ могъ бы передаваться на весьма значительное разстояніе. Однако же, на практикѣ оказывается, что изъ слишкомъ длинной трубы звукъ выходитъ не особенно сильнымъ; это объясняется тѣмъ, что дрожащій воздухъ теряетъ на пути часть своего движенія вслѣдствіе тренія о стѣнки трубы. За то сочетаніе рупора со слуховой трубой (металлической или картонной воронкообразной трубки, узкій конецъ которой вставляется въ ухо) оказалось довольно сильнымъ инструментомъ, получив-

какимъ образомъ относительно столь небольшой инструментъ даетъ возможность слышать голосъ на такомъ



Фиг. 54.—Разговоръ посредствомъ мегафона съ воздухоплавателями на разстояніи почти четырехъ верстъ.

шимъ названіе *мегафона* \*). *Мегафонъ* представляетъ собой жесткую трубу, имѣющую 2 арш. 13 вершковъ въ длину и  $\frac{3}{4}$  вершка въ діаметръ и оканчивающуюся раструбомъ. По бокамъ рупора помѣщаются двѣ слуховыя трубы — воронки одной длины съ рупоромъ, съ выходными отверстиями, имѣющими около 10 вершковъ въ діаметръ. Узкіе концы воронокъ переходятъ въ маленькія каучуковыя трубочки. Желаящій переговариваться съ лицомъ, находящимся вдали и вооруженнымъ слуховой трубой, направляетъ свой рупоръ въ сторону этого лица и выкрикиваетъ въ него что нужно, а отвѣтъ выслушиваетъ посредствомъ вставленныхъ въ уши упомянутыхъ каучуковыхъ трубочекъ. Такимъ способомъ можно было легко переговариваться съ воздухоплавателями на разстояніи 3, даже 4 версты (фиг. 54). Это наибольшая слышимость человеческого голоса въ воздухѣ.

Звукъ можетъ распространяться не въ одномъ только воздухѣ: онъ распространяется — съ различной скоростью — также въ различныхъ тѣлахъ.

Скорость звука въ воздухѣ была опредѣлена комиссіей изъ членовъ академіи наукъ въ 1788 году. Для этой цѣли были избраны слѣдующіе пункты: Парижская обсерваторія, Монлери, Фонтене-о-Розъ и Монмартръ. Опытъ производился ночью. Послѣ того, какъ данъ былъ заранѣе условленный сигналъ, именно пущена была ракета съ Парижской обсерваторіи, чрезъ каждыя десять минутъ дѣлался пушечный выстрѣлъ на одной изъ станцій, причемъ разстояніе между станціями были точно измѣрены напередъ; на остальныхъ станціяхъ замѣчали время, проходившее отъ появленія свѣта, произведеннаго воспламенившимся порохомъ, до того мгновенія, когда слышенъ былъ звукъ. Принимая, что свѣтъ распространяется мгновенно, найдено было, что звукъ пробѣгаетъ 27 верстъ 87 саж. въ теченіе 1 мин. 25 сек. Слѣдовательно, скорость звука (т.-е. разстояніе, пробѣгаемое звукомъ въ 1 сек.) найдена была равной 159 саж., или 1113 фут.; температура во время опыта была 6°.—Въ 1822 году, по просьбѣ Лапласа \*\*), эти опыты были повторены Араго, Прони, Александромъ Гумбольдтомъ, Гей-Люссакомъ и Буваромъ. Избранными станціями были Монлери и Вилльжюифъ, разстояніе между которыми равно 44,66 фут.; выѣсто маятниковъ, отбивавшихъ секунды въ опытѣ 1788 г., были ввѣты превосходные хронометры. Скорость звука при температурѣ 16° была найдена равной 1118,4 фут.

Реньо \*\*\*)) въ свои многочисленные опыты, производившіеся съ той же цѣлью въ періодъ отъ 1862 г. до 1866 г., внесъ очень важную поправку, заключающуюся въ томъ, что время записывалось не наблюдателемъ, а автоматическимъ приборомъ. Такимъ путемъ были избѣжены ошибки, обыкновенно происходящія отъ того, что ощущенія получаютъ наблюдателемъ не мгновенно. Реньо нашелъ, что скорость звука въ сухомъ воздухѣ и при температурѣ 0° равна 1034,6 фут. Если температура воздуха повышается на 1°, этому числу нужно прибавить 1,9 фут. Такимъ образомъ при температурѣ 16° скорость звука достигаетъ 1118,1 фут.

Скорость звука въ водѣ была вычислена Штурмомъ \*\*\*\*) и Колладономъ въ 1827 г. на Женевскомъ озерѣ, глубина и чистота котораго дѣлали его особенно пригоднымъ для этой цѣли. Съ лодки, закрѣпленной близъ Роля (фиг. 55) Штурмъ спускалъ въ воду колоколъ. Все было устроено такимъ образомъ, что колоколъ какъ разъ въ моментъ удара по колоколу производилъ взрывъ небольшой кучки пороха. Появленіе свѣта въ это мгновеніе служило сигналомъ отхожденія звука.

\*) Мегафонъ — отъ греч. слова *megas* (мѣгастъ) — большой и *φωνή*: приборъ, усиливающій голосъ.

\*\*) Маркизъ Лапласъ, французскій геометръ и астрономъ, авторъ *Небесной механики*, род. въ 1749 г., умеръ въ 1827 г.

\*\*\*)) Ари Викторъ Реньо, французскій физикъ, членъ академіи наукъ, род. въ 1810 г., умеръ въ 1878 г.

\*\*\*\*) Штурмъ, французскій геометръ, родился въ 1803 г. въ Женевѣ, въ то время главнымъ городѣ департамента Лемана, умеръ въ Парижѣ въ 1855 г. Совмѣстно со своимъ другомъ дѣствомъ Колладономъ онъ получалъ въ 1827 г. большую премию, предложенную академіей наукъ за лучшее сочиненіе о сжимаемости жидкостей; въ академіи наукъ замѣстилъ Ампера (1836 г.).

Колладонъ, также на лодкѣ, помѣстился въ 12 верст. 2036 фут. отъ перваго пункта—въ Тононѣ. Погрузивъ въ воду раструбъ своей слуховой трубы, онъ слышалъ удары молотка по колоколу и замѣчалъ число секундъ, проходившихъ между появленіемъ свѣта и тѣмъ мгновеніемъ, когда приходили звуки колокола. Скорость звука въ водѣ была найдена почти въ четыре раза большей, нежели въ воздухѣ, именно 4708 фут. при температурѣ 8°.

Зная скорость звука, легко опредѣлить разстояніе. Такъ, если громъ слышится черезъ 5 секундъ послѣ появленія молніи, то грозовое облако находится на разстояніи 1116,1 ф.  $\times 5 = 5580,5$  фут.; если шумъ, возникшій на днѣ озера



Фиг. 55.—Опредѣленіе Штурмомъ скорости звука въ водѣ; станція Ролль (Женевское озеро.)

достигаетъ поверхности воды по прошествіи одной десятой доли секунды, то мы заключаемъ, что глубина озера равна 470,8 фут.

Скорость распространенія звука въ твердыхъ тѣлахъ зависитъ отъ упругости и плотности этихъ тѣлъ. Непрямымъ путемъ опредѣлено, что скорость звука въ мѣди равна 11703,4 фут., въ чугунѣ—14107,9 фут., въ стальной проволоцѣ—15748,3 фут., въ желѣзѣ—16732,6 фут., въ стеклѣ—17060,7 фут. и въ еловомъ деревѣ—19685,4 фут.

Въ шестнадцатомъ вѣкѣ Франсисъ Бэконъ, государственный канцлеръ Англіи, основатель опытнаго метода въ наукѣ, еще отрицалъ возможность распространенія звука въ твердыхъ тѣлахъ: онъ принималъ, что звукъ можетъ

распространяться не иначе, какъ при посредствѣ нѣкоторой гипотетической жидкости. Его соотечественникъ, Робертъ Гукъ, первый показалъ, посредствомъ длинной желѣзной проволоки, что металлы проводятъ звукъ лучше воздуха. Этотъ современникъ Ньютона писалъ въ 1667 г.:

„До сихъ поръ никто еще не занимался ни опредѣленіемъ наибольшей силы нашихъ вспомогательныхъ слуховыхъ средствъ, ни вопросомъ о томъ, при посредствѣ какихъ другихъ средъ, кромѣ воздуха, звукъ можетъ быть воспринятъ человѣческимъ ухомъ. Я утверждаю, что съ помощью вытянутой проволоки я передавалъ звукъ на значительное разстояніе, и притомъ со скоростью, если не равной скорости свѣта, то, во всякомъ случаѣ, несравненно болѣе значительной, нежели скорость звука въ воздухѣ. Для подобной передачи проволока, впрочемъ, не должна быть непременно вытянута по прямой линіи—она можетъ быть согнута въ нѣсколькихъ мѣстахъ“.



Фиг. 56.—Проф. Липманъ (въ физической аудиторіи физико-математическаго факультета), демонстрирующій распространеніе звука въ твердыхъ тѣлахъ.

Сто пятьдесятъ лѣтъ спустя Уитстонъ \*) сдѣлалъ подобный же опытъ, взявъ вмѣсто проволоки твердый прутъ.

Джонъ Тиндаль \*\*) въ одномъ изъ своихъ чтеній въ Лондонскомъ Королевскомъ Обществѣ слѣдующимъ образомъ произвелъ и описалъ этотъ опытъ. „Въ

\*) Чарльзъ Уитстонъ, англійскій физикъ, родился въ 1802 г., умеръ въ Парижѣ въ 1875 г.

\*\*) Тиндаль, англійскій физикъ, родился въ 1820 г., членъ Лондонскаго Королевскаго Общества и профессоръ натуральной философіи (физики) въ Королевскомъ Институтѣ.

комнатѣ, находящейся въ первомъ этажѣ, на два этажа ниже нашего зала, стоитъ фортепiano; изъ этой комнаты черезъ два потолка протянута къ намъ жестяная труба, диаметромъ приблизительно въ 3 дюйма, по оси которой проходить длинный еловый прутъ, верхнимъ концомъ выходящій, какъ вы видите, изъ пола. Промежуткомъ между прутомъ и стѣнками трубы выложенъ каучуковой массой; нижній конецъ прута помѣщается на фортепiанной декѣ. Въ настоящую минуту артистъ играетъ музыкальную пьесу, но вы не слышите ни единого звука. Теперь кладу скрипку на конецъ прута: вы слышите, какъ скрипка передаетъ исполняемую внизу пьесу, но не дрожаніями своихъ струнъ, а звуками фортепiано. Снимаю скрипку,—музыка прекращается. Кладу на ея мѣсто гитару,—игра опять слышна. Снимаю гитару и кладу конецъ прута на деревянный столъ: теперь столъ въ свою очередь передаетъ всѣ звуки фортепiано. Наконецъ, поднимаю прутъ на столько, что онъ перестаетъ касаться фортепiано—и звукъ пропадаетъ. Необразованный человѣкъ непременно предположилъ бы вмѣстѣ съ тѣмъ нечистой силы въ этой столъ чудесной передачѣ.

Въ своихъ лекціяхъ акустики на физико-математическомъ факультетѣ (въ Сорбоннѣ) проф. Липманъ производитъ тотъ же опытъ, беря вмѣсто фортепiано скрипку. Одна скрипка, находящаяся въ залѣ сборныхъ чтеній, описываетъ своей подставкой на деревянный прутъ, проведенный отсюда въ физическую аудиторию, гдѣ съ другимъ концомъ прута соприкасается своей нижней декой вторая скрипка (фиг. 56), воспроизводящая все, что играютъ на первой. Длина прута—около 38 фут.

Для подобныхъ опытовъ нѣтъ необходимости употреблять непременно прутъ: передача многочисленныхъ и разнообразныхъ колебаній такъ же хорошо можетъ быть сдѣлана чрезъ простую, гибкую ненапрянутую проволоку. Въ самомъ дѣлѣ, подложимъ подъ подставку скрипки (фиг. 72), какъ это дѣлали Корню и Меркадье, тоненькую латунную пластинку, прикрѣпленную къ одному концу длинной металлической проволоки, свободно подвѣшенной на прутьяхъ при помощи резиновыхъ колецекъ; другой конецъ проволоки припаять къ маленькой трехугольной мѣдной пластинкѣ, укрѣпленной въ зажимѣ; соединенная съ этой пластинкой бородка пера прижимается къ вращающемуся барабану. Во время игры на скрипкѣ ясно видно, что бородка пера записывается на барабанѣ всѣ дрожанія струнъ скрипки, причемъ проводящая проволока остается совершенно неподвижной.

На томъ же началѣ основанъ *шуршечный телефонъ*, приборъ, состоящій изъ двухъ цилиндрическихъ коробочекъ—картонныхъ или металлическихъ—и соединительнаго шнура (шелкового или бумажнаго). Если натянуть шнурокъ между двумя пунктами и говорить, даже въ полголоса, въ одну изъ коробочекъ, то слова ясно слышны лицу, приложившему къ узу другую коробочку, въ другомъ пунктѣ. Дно коробочки, т.-е. дрожавшая пластинка можетъ быть деревянная или металлическая. При невыгоднѣйшихъ для прибора условіяхъ, Гевисайдъ и Никсонъ переговаривались такимъ образомъ, находясь въ разстояніи 640 фут. другъ отъ друга, а Гёнтли, пользуясь весьма тонкими желѣзными пластинками и удивляя шнурокъ на стеклянныхъ подставкахъ, могъ передавать рѣчь на 2560 фут. Это—наибольшее разстояніе, на какое можно передать звукъ обыкновенными акустическими средствами—черезъ нить или прутъ.

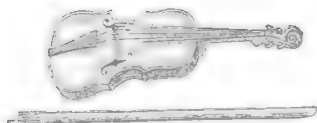
Нѣтъ нужды объяснять, какъ недостаточно подобными акустическими приспособленіями удовлетворялись бы потребности современнаго человѣка, еслибы изобрѣтеніе *телефона*, этого чуда прогресса въ области физики, не дало намъ въ руки могущественнаго средства, преодолюющаго всякія преграды между людьми, дѣлающаго безразличнымъ всякое разстояніе между ними.

Но въ этомъ снарядѣ дѣло идетъ уже не о простомъ распространеніи звука чрезъ тотъ или другой проводникъ звука. Передача и точное воспроизведеніе звуковыхъ колебаній на большомъ разстояніи совершаются здѣсь, благодаря особенностямъ иной, совершенно неощутимой среды. Возможность для парижанина

слышать отвѣты своего марсельскаго пріятеля въ тотъ самый моментъ, когда послѣдній даетъ ихъ, очевидно мало вяжется съ тѣми явленіями, которыя мы изучали до сихъ поръ. Этой моментальной, мгновенной передачи словъ, конечно, не могло бы быть, еслибы колебанія голоса передавались колебаніями соединительной проволоки между Парижемъ и Марселемъ. Такъ какъ въ такомъ проводникѣ звукъ пробѣгаетъ около 4 верстъ въ секунду, то разстояніе въ 1667 верстъ \*) онъ прошелъ бы въ 444 сек., другими словами: парижанинъ могъ бы услышать отвѣтъ своего пріятеля лишь 7 мин. 24 сек. спустя послѣ вопроса \*\*).

Можно различать два вида телефоновъ: *телефоны съ магнитами*, или магнитные — и *телефоны съ резистентами*, или электрическіе. Сначала мы займемся первыми.

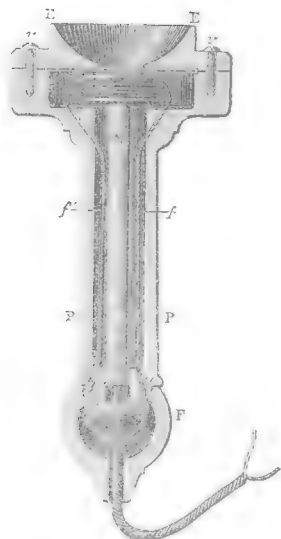
Теоретическое объясненіе телефона, — прибора, получившаго въ такое короткое время столь быстрое распространеніе, сдѣлавшагося необходимою для современнаго человѣка, — представляетъ высокій интересъ. Думаемъ, что, несмотря на всю сложность этого объясненія, намъ удалось изложить его ясно и удобопонятно.



\*) Длина телефонной проволоки, соединяющей Парижъ съ Марселемъ равна 833,58 верстъ.

\*\*) Если бы голосъ могъ передаваться на такое разстояніе черезъ воздухъ, то для прохода изъ Парижа въ Марсель и обратно ему потребовалось бы 84 мин., или 1 ч. 24 мин. (такъ какъ скорость звука, какъ намъ извѣстно, равна 1116 фут.).





Фиг. 58.—Магнитный телефонъ Грэгма Велля.

## Глава III.

### Телефоны съ магнитами.

Телефонъ съ магнитомъ, или магнитный телефонъ, изобрѣтенный Грэгмомъ Веллемъ \*), имѣетъ весьма несложное устройство.

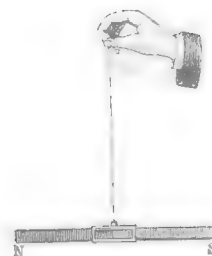
Важнѣйшую часть прибора составляетъ прямой намагниченный стержень N, расположенный по оси деревяннаго или эбонитоваго футляра. Вокругъ конца N, на деревянной катушкѣ, намотана тонкая проволока, покрытая гуттаперчей и шелкомъ. Концы этой проволоки спускаются вдоль магнита (ff', ниже— a, b) до нижняго отверстія въ футлярѣ, откуда выходятъ уже скрученные вместе.

\*) Описываемъ здѣсь повсюду теперь распространенный телефонъ Велля. Въ немъ, какъ увидимъ сейчасъ, передаточная и приемная части устроены совершенно одинаково. Разработка и усовершенствованіе этой системы потребовала у изобрѣтателя не мало труда и времени. Вотъ что сказывалъ сэръ Вильямъ Томсонъ въ британской Ассоціаціи для развитія науки о первомъ телефонѣ Велля, экспонированномъ на выставкѣ въ Филадельфіи въ 1876 г.:

„Я слышалъ чрезъ телеграфную проволоку членораздѣльные звуки, причемъ электрическая передача даже еще болѣе подчеркивала и безъ того довольно сѣбяныя односложныя слова; проволока прочтала мнѣ также нѣсколько вѣстухъ на-удачу отрывкомъ изъ нью-йоркскихъ газетъ... Все это весьма отчетливо прозвучало тоненькой круглой пластинкой, находившейся вблизи электромагнита. Эти слова громко и ясно говорилъ мой другъ, проф. Уатсонъ, на другомъ концѣ линіи предъ натянутой перепонкой, снабженной маленькимъ кусочкомъ мягкаго желѣза, которая совершала колебанія въ воздухѣ. Это открытіе, которое можно назвать чудомъ изъ чудесъ, сдѣлано молодымъ нашимъ соотечественникомъ, Грэгмомъ Веллемъ, родомъ изъ Единбурга, а нынѣ гражданскимъ Соединенныхъ Штатовъ. Надо только удивляться сѣбѣ отъ этого изобрѣтенія, столь простыми средствами осуществившаго сложное дѣло воспроизведенія путемъ электричества всѣхъ тонкостей человѣческой рѣчи: для этого требовалось найти способъ измѣнять силу тока строго пропорціонально измѣненіямъ произносимыхъ звуковъ“.

Въ своемъ докладѣ, читанномъ въ лондонскомъ Обществѣ телеграфныхъ инженеровъ, 31 октября 1877 г., Грэгмъ Велль подробно изложилъ ходъ своихъ изысканій. Въ началѣ своихъ занятій акустикой онъ работалъ съ фонографомъ Скотта, употребляя весьма чувствительную записм-

На небольшомъ разстояніи предъ магнитомъ, между расширеннымъ концомъ футляра РР и воронкообразнымъ амбушюромъ ЕЕ зажата по окружности тоненькая пластинка (толщина ея не превышаетъ  $\frac{1}{10}$  линіи) изъ почти чистаго (безъ углерода), или мягкаго желѣза; степень зажатія пластинки регулируется помощью винтовъ с. Наконецъ, для удаленія или приближенія къ пластинкѣ намагниченнаго стержня на какое угодно малое разстояние служитъ винтъ Vg, особенно важный для строителя телефона.



Фиг. 59. — Ориентированіе намагниченной полоски.

Поразительное дѣйствіе этого небольшого снаряда станетъ намъ понятнымъ только послѣ разсмотрѣнія отдѣльныхъ его частей.

Магнитъ мы рассмотримъ здѣсь лишь постольку, поскольку онъ играетъ роль въ телефоніи, откладывая подробное изученіе его свойствъ и примѣненій до главы о магнитвѣ.

Замѣтимъ, что естественный магнитъ есть желѣзная руда (магнитный желѣзнякъ), а искусственный магнитъ — кусокъ закаленной стали, которому извѣстнымъ способомъ, ниже нами указываемымъ, сообщены свойства естественнаго магнита. Вообще этому куску стали придаютъ форму бруска, подковы или очень вытянутаго ромба, называемаго *магнитной стрѣлкой*. Естественные магниты, вслѣдствіе многихъ присущихъ имъ недостатковъ, — между прочимъ — неправильности, а также слабого своего дѣйствія, не употребляются ни въ телефонахъ, ни въ нижеописываемыхъ опытахъ.

Возьмемъ прямой магнитъ и подвѣсимъ его за середину на некрученой нити (кокононой, напр.) (фиг. 59). Въ какое бы положеніе мы ни привели его, онъ, лишь только будетъ предоставленъ самому себѣ, послѣ нѣсколькихъ колебаній непременно приметъ такое положеніе, что одинъ его конецъ — и притомъ всегда одинъ

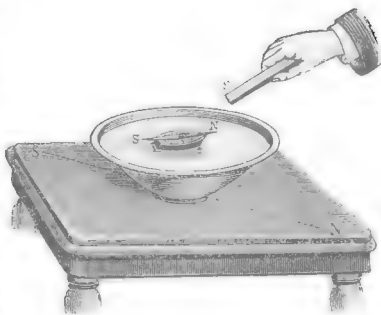
чающую часть. Замѣтъ попытка усовершенствовать фонографъ, т.-е. устроить болѣе совершенное изображеніе человѣческому уху, что ему и удалось. „Въ этомъ аппаратѣ, — говоритъ Белль, — нитъ особенно бросалась въ глаза значительная несоразмѣрность въ вычитаніи и массѣ между перепонкой и приводящими ею въ движеніе косточками; это внушило мнѣ мысль замѣнить всѣ сложныя приспособленія, которыя я устраивалъ, простом перепонкою съ прикрѣпленнымъ къ ней желѣзнымъ якоремъ.

„Помѣстивъ на шарнирѣ вблизи электромагнита и въ соединеніи съ нимъ желѣзный якорь, соединенный посредствомъ стерженька съ перепонкой, я рассчитывалъ колебаніями послѣдней вызывать рядъ колебательныхъ наведенныхъ токовъ, которые, дѣйствуя на другой подобный электромагнитъ, помѣщенный на нѣкоторомъ разстояніи отъ перваго, заставили бы его якорь воспроизвести движенія перваго якоря, а черезъ это, вторую перепонку колебаться совершенно такъ, какъ колеблется первая. Однако, такимъ путемъ я не могъ получить удовлетворительныхъ результатовъ; необходимо было предпринять рядъ дальнѣйшихъ работъ, въ которыхъ я старался, насколько возможно, уменьшить объемъ и вѣсъ якоря, который я подѣ конецъ сталъ приготавливать изъ часовой пружины разбѣрами не болѣе ногтя большого пальца моей руки. Тутъ я уже не соединялъ якоря съ электромагнитомъ, а прикрѣплялъ его къ центру перепонки. Благодаря этимъ измѣненіямъ, намъ (мнѣ съ моимъ другомъ Томасомъ Уатсономъ) удавалось производить такіа телефонныя передачи, которыя показывали, что мы находимся на истинномъ пути. Вспоминаю однакъ опытъ съ этимъ телефономъ, тогда восхитившій меня. Я съ однимъ приборомъ поѣхалъ въ одной изъ университетскихъ аудиторій, въ Бостонѣ, а одинъ изъ моихъ учениковъ находился съ другимъ въ нижней части соседняго зданія. Радость моя не знала предѣловъ, когда, спросивъ ученика: „понимаете ли вы, что я говорю?“ — я тотчасъ же услышалъ въ отвѣтъ черезъ телефонъ: „да, я васъ отлично понимаю“. Конечно, членораздѣльность въ произношеніи словъ была въ то время весьма несовершенна, и мнѣ стоило величайшаго труда разобрать этотъ отвѣтъ, но эта членораздѣльность несомненно существовала, и я могъ думать, что несовершенство ея зависѣтъ единственно отъ несовершенства самаго аппарата“.

Не вдаваясь въ подробный разборъ всѣхъ улучшеній, постепенно сдѣланныхъ Грэггомъ Беллемъ въ своемъ приборѣ, замѣтимъ только, что въ концѣ-концовъ онъ пришелъ къ убѣжденію, что токъ, проходящій въ катушкѣ электромагнита, служитъ единственно къ намагнитченію послѣдняго, и потому рѣшился обойтись безъ электрическаго тока и въ качествѣ ядра пользоваться постояннымъ магнитомъ.

и тотъ же — будетъ обращенъ къ сѣверу, а другой къ югу. Тотъ конецъ магнита, который стремится къ сѣверу, мы называемъ *сѣвернымъ полюсомъ*, а другой, — стремящийся къ югу, — *южнымъ полюсомъ*. Означимъ полюсы нашего магнита буквами N (Nord, сѣверъ) и S (Sud, югъ). Теперь повторимъ тотъ же опытъ съ другимъ магнитомъ и означимъ полюсы его тѣми же буквами N и S \*).

Кромѣ этого постоянного, такъ сказать, неизбѣжнаго направленія, которое принимаетъ магнитъ, нужно отмѣтить слѣдующее любопытное явленіе: если къ одному изъ этихъ магнитовъ поднесемъ другой, то магниты оттолкнутся, если обращены другъ къ другу одноименными полюсами (сѣверными или южными), и притянутся, если обращены другъ къ другу разноименными полюсами (сѣверный полюсъ одного къ южному полюсу другого). Приближая южный полюсъ одного магнита къ сѣверному полюсу другого, положеннаго, напр. на поплавкѣ (фиг. 60), видимъ, что плавающий магнитъ отклоняется отъ своего нормальнаго положенія NS, обозначеннаго діагональю на столѣ. Если приблизить магнитъ къ магнитной стрѣлкѣ такъ, чтобы одинъ изъ полюсовъ послѣдней былъ равно удаленъ отъ обоихъ полюсовъ магнита, то стрѣлка останется въ покоѣ, вслѣдствіе того, что притяженіе стрѣлки однимъ и отталкиваніе ея другимъ полюсомъ магнита взаимно уничтожатся (фиг. 61), такъ какъ притягательная сила одного полюса равна отталкивательной силѣ другого.

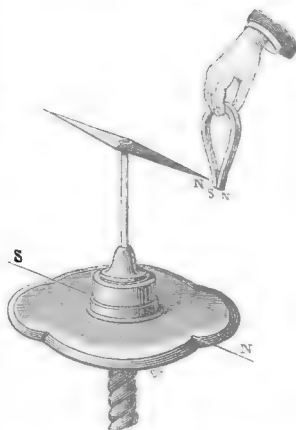


Фиг. 60. — Разноименные полюсы притягиваются.

Теперь возьмемъ магнитъ въ одну руку, а другою будемъ просѣивать чрезъ сито опилки вблизи, напр., сѣвернаго полюса магнита. Вмѣсто того, чтобы падать на столъ, опилки устремляются въ полюсу, словно ихъ увлекаетъ туда чья-то невидимая рука, и пристають къ нему, располагаясь при этомъ правильнымъ образомъ — въ видѣ кисти (фиг. 62). То же явленіе повторяется и съ южнымъ полюсомъ.

Теперь возьмемъ магнитъ въ одну руку, а другою будемъ просѣивать чрезъ сито опилки вблизи, напр., сѣвернаго полюса магнита. Вмѣсто того, чтобы падать на столъ, опилки устремляются въ полюсу, словно ихъ увлекаетъ туда чья-то невидимая рука, и пристають къ нему, располагаясь при этомъ правильнымъ образомъ — въ видѣ кисти (фиг. 62). То же явленіе повторяется и съ южнымъ полюсомъ.

Для того, чтобы еще лучше познакомиться съ дѣйствіемъ магнита, положимъ надъ нимъ листъ тонкаго картона и будемъ его равномерно осыпать желѣзными опилками. При этомъ опилки располагаются около магнита въ формѣ очень тонкихъ линий — погуще въ однихъ и порѣже въ другихъ мѣстахъ (фиг. 63). Для полученія правильнаго рисунка, полезно слегка постукивать по картону, съ цѣлью привести въ движеніе желѣзныя крупинки, изъять ихъ отъ

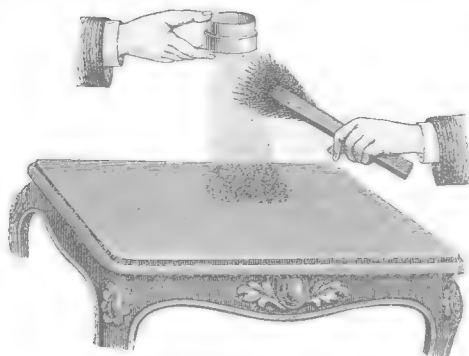


Фиг. 61. — Притяженіе уничтожается отталкиваніемъ.

\* Полюсъ — отъ греч. *πολεῖν* (полейнъ) — вращаться. Полюсами называютъ концы линій, вокругъ которой заставляють вращаться какой-нибудь шаръ.

собственной тяжести и тѣмъ усилить вліяніе магнита надъ ними. Рисунокъ образованный опилками на картонѣ, называется *магнитнымъ спектромъ*.

Эти опыты показываютъ, что магнитъ сообщаетъ окружающему его пространству, на нѣкоторомъ протяженіи, особенную дѣятельную силу, другими

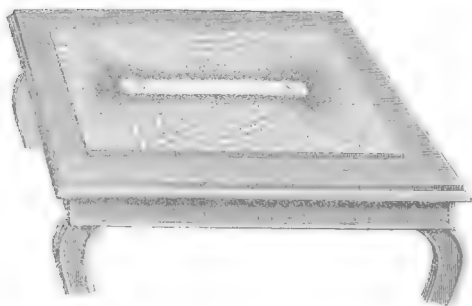


Фиг. 62.—Желѣзныя опилки и магнитъ.

словами—что магнитъ обладаетъ способностью вызывать движенія на разстояніи безъ посредства какого-либо видимаго проводника. То пространство въ окружности магнита, на которомъ послѣдній обнаруживается свое дѣйствіе, получило названіе *магнитнаго поля*. Декартъ называлъ это пространство „атмосферой магнитнаго вихря.“

Фарадей \*) называетъ „линіями силы магнитнаго поля“ (силовыми лініями) тѣ линіи, по которымъ собираются, ориентированы крупинки опилокъ; наи-

большая сила магнитнаго поля сосредоточена тамъ, гдѣ эти линіи, расположенны гуще всего; наоборотъ, гдѣ ихъ мало, тамъ поле магнита оказывается весьма слабымъ. Принято говорить, что линіи силы выходятъ изъ сѣверной половины магнита и оканчиваются въ южной. На рисункѣ это направленіе указано стрѣлками (Фиг. 64).



Фиг. 63.—Магнитный спектръ.

Желѣзныя опилки совершенно такъ же расположились бы на листѣ картона и въ томъ случаѣ, еслибы послѣдній былъ помѣщенъ около магнита не въ горизонтальной, а въ какой-либо иной плоскости (при этомъ не принимается во вниманіе та разница въ расположеніи опилокъ, которая произойдетъ въслѣдствіе собственной тяжести послѣднихъ, об-

условливающей соскальзываніе ихъ): это значитъ, что поле магнитной силы симметрично вокругъ магнита.

Мы можемъ безъ всякаго ущерба для котины отвлечься отъ магнита и имѣть въ виду только магнитное поле—пространство, наполненное гипотетической средой—эфиромъ, частицы котораго находятся въ движеніи извѣстнаго рода,—движеніи, обусловливающимъ уже извѣстныя намъ линіи силы; число и видъ

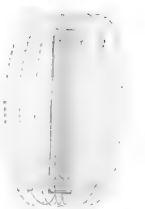
\*) Майкель Фарадей, англійскій физикъ и химикъ, сынъ кузнеца; род. въ 1791 г., умръ 1867 г.; прославился своими трудами въ области магнетизма и электричества.

этихъ линий въ нѣкоторой мѣрѣ наглядно изображаются намъ расположеніемъ желѣзныхъ опилокъ.

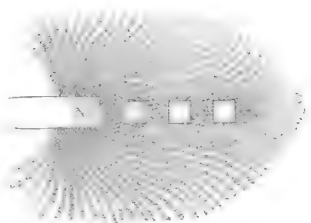
Причину, опредѣляющую существованіе магнитнаго поля мы будемъ изучать въслѣдствіи; въ настоящей же главѣ намъ необходимо ознакомиться только съ основными свойствами его. Прежде всего, весьма замѣчательно то, что полоска изъ мягкаго желѣза, не оказывавшая ни малѣйшаго дѣйствія на желѣзныя опилки, становится настоящимъ магнитомъ, лишь только мы помѣстимъ ее въ магнитное поле: желѣзныя опилки тотчасъ же пристають къ ея концамъ въ формѣ кистей. Кладя брусокъ изъ мягкаго желѣза подъ листъ картона, находящійся надъ магнитомъ въ опытѣ магнитнаго спектра, мы убѣждаемся, что форма спектра нарушается: около желѣзнаго бруска мгновенно располагается множество линий силы, которыя какъ будто притягиваются имъ. (На фигурѣ 65 представлено явленіе, вызванное помѣщеніемъ трехъ желѣзныхъ брусковъ подъ листъ картона на продолженіи магнита). Испытывая желѣзныя бруски магнитной стрѣлкой, положеніе полюсовъ которой извѣстно, и наблюдая въ то же время направленіе линий силы (какъ сказано, онѣ выходятъ у сѣвернаго полюса магнита), не трудно убѣдиться, что онѣ и въ желѣзныхъ брускахъ исходятъ изъ области сѣвернаго полюса и оканчиваются въ области южнаго полюса. Характеръ измѣненій въ распредѣленіи силовыхъ линий подъ вліяніемъ куска мягкаго желѣза, введеннаго въ магнитное поле, зависитъ отъ формы и положенія этого куска. Если вмѣсто полоски взять чрезвычайно тонкую круглую пластинку, то видъ спектра не измѣнится; силовые линии легко пройдутъ сквозь пластинку (фиг. 66), причемъ поверхность входа ихъ въ нее окажется поверхностью южнаго, а поверхность выхода поверхностью сѣвернаго полюса. Пластинка подъ вліяніемъ магнитнаго поля, намагнитилась, какъ говорятъ, поперечно, т. е. по направленію своей толщинки. Въ томъ случаѣ, когда толщина пластинки достигаетъ нѣсколькихъ десятыхъ миллиметра, силовые линии входятъ въ центральную ея часть и выходятъ изъ периферіи кружка (фиг. 67); центральная часть является, следовательно, областью южнаго, а вся периферія—областью сѣвернаго полюса. Намагниченіе кружка въ этомъ случаѣ, какъ говорятъ, круговое. Линія силы, концентрируясь на пластинкѣ, образуютъ болѣе сильное магнитное поле, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ.

Изъ сказаннаго становится понятнымъ, что магнитъ NS, производящій магнитное поле въ телефонѣ Грэгема Белля (фиг. 58), является важнѣйшей частью прибора; въ помѣщенной передъ нимъ пластинкѣ, толщиной въ нѣсколько десятыхъ миллиметра, подъ вліяніемъ магнита, происходитъ круговое намагниченіе, т. е. пластинка сосредоточиваетъ на себѣ силу магнитнаго поля; кромѣ того очевидно, что эта намагниченная пластинка постоянно притягивается магнитомъ, благодаря тому, что пластинка и магнитъ обращены другъ къ другу разноименными полюсами; не будь пластинка зажата по краю, она пристала бы къ магниту.

Таково состояніе телефона въ томъ случаѣ, когда части



Фиг. 64.—Направленіе силовыхъ линий.



Фиг. 65.—Видъ магнитнаго спектра нарушается.

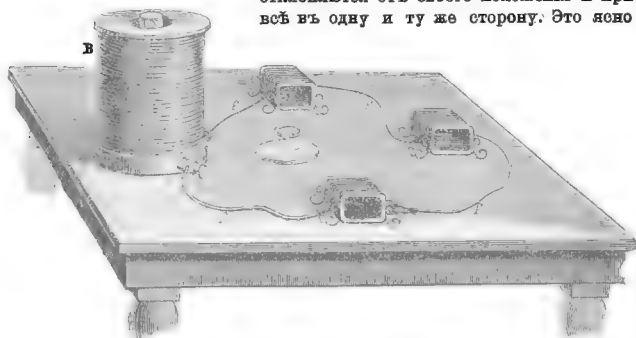
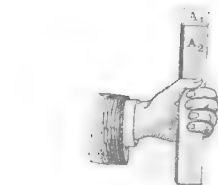


Фиг. 66.—Поперечное намагниченіе пластинки.

его находятся въ покоѣ,—другими словами: таково *статическое* \*) состояніе магнитнаго телефона. Что произойдетъ, если пластинкѣ будетъ сообщено движеніе, дрожаніе?

Для того, чтобы узнать это, повторимъ—на этотъ разъ съ другою цѣлю—опытъ намагниченія куска мягкаго желѣза посредствомъ магнита. Лишь только на продолженіи магнита, въ опытѣ магнитнаго спектра, подъ листъ картона будетъ помѣщенъ брусокъ изъ мягкаго желѣза, магнитный спектръ мгновенно измѣнитъ свой видъ и вслѣдъ затѣмъ тотчасъ успокоится. Но всякое перемѣщеніе магнита или куска мягкаго желѣза вновь вызоветъ нарушеніе вида спектра, новое соответственное перемѣщеніе силовыхъ линій. Это движеніе линій силы магнитнаго поля, это *динамическое* состояніе его, пока оно продолжается, вызываетъ явленія, представляющія высочайшій интересъ. Эти явленія, открытыя Фарадеемъ около 1831—1832 г., названы *магнитной индукціей*, или *магнитнымъ наведеніемъ* \*\*). Для обнаруженія этихъ важныхъ явленій, внесемъ внутрь bobины BB (фиг. 68) магнитъ N (bobиной называется деревянная катушка, которая обмотана проволокой, покрытой шелкомъ и гуттаперчей). На пути проволоки *f*, большое число разъ навитой на катушку, помѣстимъ маленькія магнитныя стрѣлки, (каждая такая стрѣлка,

Фиг. 67. Круговое намагниченіе пластинки.



Фиг. 68.—Явленія магнитной индукціи.

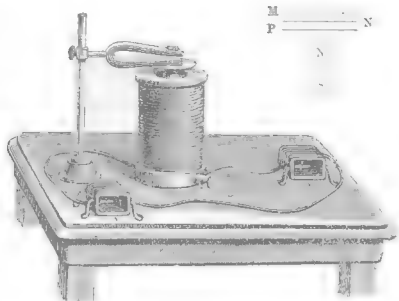
вызываетъ, что приближеніе желѣзной полоски вызвало появленіе новаго магнитнаго поля *въ пространствѣ, окружающемъ проволоку*. Это магнитное поле называется *наведеннымъ* (индуктивнымъ), а первичное поле магнита — *наводящимъ*

\*) Статическій—отъ греч. *статикъ* (статикъ)—равновѣсіе, покой.

\*\*) Точнѣе: *магнитно-электрической индукціей*.

(индуктирующимъ). Какъ только движеніе желѣзной полоски прекратится (въ опытѣ магнитнаго спектра мы видѣли, что линіи силы при этомъ останавливаются и фиксируются въ занятомъ положеніи), мы замѣтимъ, что магнитныя стрѣлки—указатели наведеннаго поля на пути проволоки—возвращаются въ первоначальное положеніе,—другими словами: наведенное поле исчезаетъ. Новое приближеніе бруска изъ мягкаго желѣза вновь вызываетъ появленіе наведеннаго поля, которое въ свою очередь тотчасъ исчезнетъ, лишь только брусокъ остановится. Изъ этого слѣдуетъ, что наведенное поле существуетъ только въ то время, когда, благодаря движенію куска мягкаго желѣза, въ первичномъ магнитномъ полѣ происходятъ нѣкоторыя измѣненія, нѣкоторыя нарушенія въ характерѣ его. Подобное же наведенное поле является и при удаленіи желѣзнаго бруска. Но необходимо замѣтить, что направленіе этого поля обратно предыдущему, т. е. что, если при приближеніи полоски магнитныя стрѣлки поворачиваются по направленію часовой стрѣлки, то при удаленіи ея они поворачиваются по обратному направленію. Далѣе, важно то, что если полоска переходитъ изъ положенія  $A_1$  въ положеніе  $A_2$  медленно, то магнитныя стрѣлки вовсе не отклоняются отъ своего первоначальнаго положенія. Отклоненіе ихъ происходитъ только въ случаѣ быстрого перемѣщенія бруска, и притомъ оно тѣмъ больше, чѣмъ быстрее, внезапно это перемѣщеніе. Слѣдовательно, сила наведеннаго поля опредѣляется степенью быстроты измѣненій, вызываемыхъ въ первичномъ магнитномъ полѣ.

Итакъ, чѣмъ быстрее совершается перемѣщеніе бруска, тѣмъ наведенное поле сильнѣе; но въ то же время тѣмъ менѣе и его продолжительность. Съ другой стороны, опытъ показываетъ (да оно и понятно), что при данной быстротѣ перемѣщенія  $A_1 A_2$  наведенное поле будетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ сильнѣе первичное поле, т. е. наводящее поле магнита, помѣщеннаго внутри катушки. Для лучшаго уясненія себѣ этихъ явленій, знаніе которыхъ намъ необходимо для пониманія телефона, вообразимъ, что вмѣсто бруска взята круглая пластинка изъ мягкаго желѣза, прикрѣ-



Фиг. 69. Звуковое колебаніе, „вызывающее“ магнитное колебаніе.

пленная къ одной изъ вѣтвей камертона и приводимая въ колебаніе послѣднимъ (фиг. 69 \*). Будемъ наблюдать явленіе, происходящее во время одного колебанія, то-есть въ теченіе *періода* звука, издаваемого камертономъ. Что произойдетъ въ то время, когда пластинка, увлекаемая камертономъ, начнетъ колебаться предъ магнитомъ NS. (На фигурѣ 69 въ увеличенномъ видѣ, изображено одно колебаніе; M и P суть крайнія положенія пластинки, а N—положеніе покоя). Такъ какъ пластинка уподобляется здѣсь молекулѣ M, съ характеромъ колебаній которой мы уже знакомы (стр. 40, фиг. 42), то понятно, что отъ M до N пластинка приближается къ магниту съ возрастающей скоростью и заставляетъ магнитныя стрѣлки AA' поворачиваться по направленію часовой стрѣлки (въ этомъ случаѣ направленіе наведеннаго поля считается прямымъ). При движеніи пластинки изъ N въ P наведенное поле, сохраняя прямое направленіе, все болѣе и болѣе ослабляется до полного уничтоженія. Отъ P до N пла-

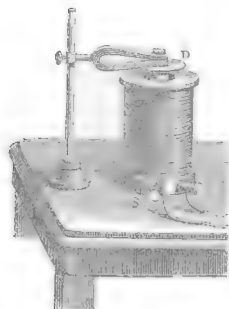
\* Для того, чтобы юта, издаваемая камертономъ, не измѣнилась вслѣдствіе прикрѣпленія пластинки къ его нижней вѣтви, необходимо положить соответственный противовѣсъ на верхнюю его вѣтвь.

стинка съ возрастающей скоростью удаляется отъ магнита, причемъ является наведенное поле съ обратнымъ предыдущему направлениемъ, такъ какъ магнитныя стрѣлки поворачиваются при этомъ обратно направленію часовой стрѣлки; сила поля возрастаетъ при движеніи пластинки отъ Р до N, при движеніи отъ N до М—уменьшается, а при положеніи ея въ М дѣлается равной нулю. Затѣмъ начинается новое колебаніе. Изъ этого слѣдуетъ, что магнитныя стрѣлки колеблются одновременно съ пластинкой. Можно сказать, что эти стрѣлки, въ сущности, только повторяютъ колебанія наведеннаго магнитнаго поля, т.-е. колебанія молекулъ неизвѣстной среды, производящія это поле и опредѣляющія его характеръ. Итакъ, *звуковое колебаніе* камертона „вызвало“, благодаря мягкому желѣзу и магниту, *магнитное колебаніе*, распространяющееся по проволоцѣ съ такой быстротой, что дѣйствіе его на всемъ пути послѣдней проявляется въ одинъ и тотъ же моментъ. Это-то *поле магнитныхъ колебаній* и послужитъ намъ къ объясненію телефона.

Мы только что видѣли, что звуковое колебаніе можетъ „вызвать“ *магнитное колебаніе* (употребляемъ совершенно неопредѣленное обозначеніе „вызвать“, такъ какъ сущность превращенія звуковыхъ колебаній въ магнитныя остается покуда совершенно неизвѣстной). Теперь важно знать, можетъ ли вызванное

такимъ образомъ *магнитное колебаніе*, передать на известный пунктъ, воспроизвести здѣсь первоначальное *звуковое колебаніе*. Если это окажется возможнымъ,—если магнитное колебаніе окажется способнымъ воспроизвести на большомъ разстояніи то самое звуковое колебаніе, которымъ оно вызвано,—то изобрѣтеніе *телефона* будетъ готово.

Но какой способъ придумать для полученія подобнаго превращенія?—Предположимъ, что проволока нашей катушки соединена съ концями проволоки намотанной на второй такой же катушкѣ S, съ магнитомъ и пластинкой изъ мягкаго желѣза D (фиг. 70



Фиг. 70.—Передачикъ звуковыхъ колебаній.



Фиг. 71.—Пріемникъ звуковыхъ колебаній.

и фиг. 71), но безъ камертона. Назовемъ эту вторую катушку пріемной. Если камертонъ вблизи катушки S, будетъ давать ноту  $la_3$ , т.-е. дѣлать 435 колебаній въ секунду, то періодъ его колебаній будетъ равенъ одной 435-ой части секунды, то и такова же будетъ продолжительность одного магнитнаго колебанія.

Магнитное колебаніе вліяетъ на всякій магнитъ, помѣщенный вблизи проволоки, служащей осью наведеннаго поля. Какъ мы убѣдились, магнитныя стрѣлки  $a, b, c$  отклоняются въ силу этого колебанія то по одному, то по другому—обратному направленію. Очевидно, что этому же вліянію должна подвергаться находящаяся предъ пріемной катушкой пластинка изъ мягкаго желѣза, такъ какъ эта пластинка намагничена, благодаря содѣйствію магнита въ катушкѣ. Смотря по тому, каково будетъ въ данный моментъ направленіе магнитнаго колебанія, поле магнитныхъ колебаній будетъ то увеличивать магнетизмъ, въ пластинкѣ D (которая замѣняетъ здѣсь магнитныя стрѣлки), то уменьшать его; поэтому пластинка будетъ перемѣщаться изъ своего первоначальнаго положенія, то приближаясь къ магниту,—когда она сильнѣе притягивается имъ,—то, наоборотъ, удаляясь отъ него,—когда она начинаетъ отталкиваться. Эти притяженія и отталкиванія совершаются періодически, причемъ пластинка D дѣлаетъ одно колебаніе въ то же время, что и поле магнитныхъ колебаній, а



слѣдовательно, — что и пластинка D. Вслѣдствіе этого на станціи S будутъ слышать ноту *la*, такъ какъ пластинка будетъ производить 435 колебаній въ секунду.

Амплитуда (размахъ) перемѣщенія пластинки можетъ быть весьма невелика; чаще всего она даже незамѣтна. Лордъ Рейлифъ, президентъ лондонскаго Королевскаго Общества показалъ, что звукъ не перестаетъ быть ощущаемымъ даже въ томъ случаѣ, когда амплитуда звуковыхъ колебаній имѣетъ самую ничтожную величину — гораздо менѣе *миллионной части миллиметра*.

Пластинка D будетъ служить намъ передатчикомъ, а пластинка D<sub>1</sub> — приемникомъ, хотя понятно, что можно сдѣлать и обратно, перемѣстивъ камертонъ пластинки D<sub>1</sub> къ пластинкѣ D.

Посмотримъ, подтвердитъ ли опытъ наши ожиданія. Приведемъ камертонъ въ колебаніе — обыкновеннымъ способомъ — проводя соответственной толщины стержнемъ между его вѣтвями; періодическія колебанія камертона сообщаются пластинкѣ изъ мягкаго желѣза, вслѣдствіе чего вдоль проволоки издается наведенное поле, или поле магнитныхъ колебаній, совершающихся также періодически; послѣднія обуславливаютъ періодическое притяженіе и отталкиваніе — т.е. колебаніе пластинки D<sub>1</sub> на станціи S<sub>1</sub>, которое передается окружающему воздуху, а черезъ него — уху слушающаго лица: послѣднее, дѣйствительно, слышитъ звукъ. Не тождественъ ли этотъ звукъ, воспринятый около приемника, съ тѣмъ звукомъ, который былъ произведенъ предъ передатчикомъ? Имѣетъ ли онъ ту же высоту, силу и тембръ? Напомнимъ, что „периодъ“ есть продолжительность одного колебанія, а „высота“\*) число полныхъ колебаній въ секунду. Прибавимъ, что единственное наше средство намѣрить „периодъ“ состоитъ въ опредѣленіи числа „периодовъ“, заключающихся въ единицѣ времени, напр. въ секундѣ, что сводится на опредѣленіе „высоты“ звука.

Намъ необходимо убѣдиться въ томъ, что высота переданнаго звука неизмѣнилась, несмотря на цѣлый рядъ испытанныхъ имъ превращеній. Сначала опредѣлимъ „высоту“ отправляемаго звука. Для этого заставимъ звучащее тѣло — камертонъ или какое-либо другое, издающее тонъ въ D, записавъ свои колебанія, въ то время, когда маятникъ будетъ отбивать секунды. По прошествіи нѣсколькихъ секундъ, сосчитавъ на полученномъ рисункѣ число колебаній, раздѣлимъ послѣднее на число секундъ, и мы получимъ „высоту“ опредѣляемаго звука.

Очевидно, что, равъ опредѣливъ высоту звука, даваемого какии-либо камертономъ, мы можемъ уже пользоваться послѣднимъ въ качествѣ „хронографа“\*\*), такъ какъ, записывая свои колебанія, онъ въ то же время будетъ записывать и время.

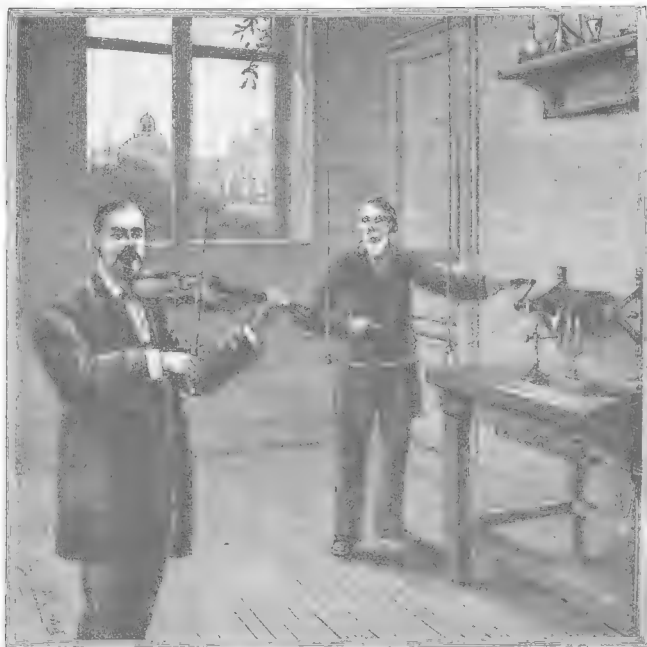
Этимъ-то именно путемъ Корню (членъ Института, профессоръ Политехнической школы) и Меркаде (инспекторъ телеграфовъ, директоръ Политехнической школы) опредѣлили высоту различныхъ нотъ, изданныхъ струной въ то время, когда на ней играли арію изъ *Вильгельма Телля* „На лонѣ блестящей волны“ и затѣмъ арію изъ *Жизели* „О Богъ отцовъ нашихъ“ (фм. 72). Этотъ опытъ, приведенный нами выше по поводу передачи звуковыхъ колебаній чрезъ проволоку (стр. 55), былъ произведенъ два раза — въ 1869 и 1872 гг.

Еслибы мы могли непосредственно записывать колебанія приемной пластинки D, мы сейчасъ узнали бы, имѣетъ ли получаемый звукъ ту же высоту

\*) Звукъ производить на наше ухо различныя впечатлѣнія; одни мы называемъ „низкими“, другіе — „высокими“, или тонкими, и опытъ показываетъ, что это ощущеніе зависитъ единственно отъ *периода* воспринятаго звука. Понятіе же о *периодѣ* получаемъ изъ опредѣленія „высоты“ звука. Но очевидно, что говорить о „высотѣ“ звука можно лишь въ томъ случаѣ, если этотъ звукъ во все время, пока онъ продолжается, остается совершенно неизмѣннымъ, т.е. можетъ быть записанъ по періодической кривой, — словомъ, если это музыкальный звукъ — тонъ. Другіе же звуки, или шуми представляютъ собой смѣсь музыкальных звуковъ, въ которой намъ уже не можеть ясно и точно разобрать никакого опредѣленнаго звука.

\*\*) Отъ греч. χρόνος (хроносъ) — время и γραφω (графо) — пишу.

что и отправляемый. Но сдѣлать это очень трудно—по причинѣ крайней ничтожности колебаній нашей пластинки. Поэтому мы лучше воспользуемся *сиреной*.



Фиг. 72.—Корню и Меркадьё, опредѣляющіе высоту разныхъ нотъ, издаваемыхъ скрипкой.

Всякій разъ, когда два одновременно произведенныхъ звука производятъ на наше ухо навѣстное впечатлѣніе, которое мы опредѣляемъ, говоря, что эти звуки находятся въ унисонѣ одинъ относительно другого, графическій методъ показываетъ, что число колебаній у обоихъ этихъ звуковъ одно и то же, т.-е. что звуки эти имѣютъ одинаковую „высоту“.

Слѣдовательно, если устроимъ такой приборъ, который будетъ записывать число колебаній издаваемого имъ звука и по нашему желанію звучать въ унисонъ съ какимъ-нибудь извѣстнымъ звукомъ, мы сможемъ опредѣлить высоту послѣдняго.

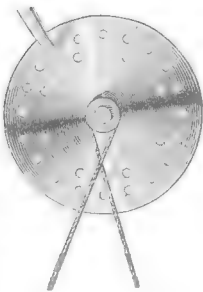
Такой именно приборъ мы имѣемъ въ *сиренѣ Каньяра-де-Латуре* \*).

Въ главныхъ чертахъ, сирена состоитъ изъ кружка (фиг. 73), въ которомъ по окружности просверленъ рядъ круглыхъ отверстій въ равныхъ разстояніяхъ одно отъ другого. Черезъ трубку, расположенную на уровнѣ этихъ отверстій, изъ мѣховъ продувается воздухъ. При вращеніи кружка трубка попеременно будетъ то открываться, то закрываться, смотря по тому, будетъ ли проходить передъ ней продырявленная, или сплошная часть кружка. Всякій разъ,

\* ) Каньяръ-де-Латуръ, французскій физикъ, род. въ Парижѣ въ 1777 г., умеръ въ 1859 г.; назвалъ свой приборъ *сиреной* потому, что онъ можетъ издавать звуки и подъ водою.

когда струя воздуха устремляется въ отверстіе, она отталкиваетъ воздухъ, находящійся по ту сторону кружка, а когда, вслѣдъ за отверстіемъ, передъ трубкой проходитъ оплошная часть кружка, этотъ воздухъ возвращается въ прежнее положеніе. Если по окружности имѣется 20 отверстій, и кружокъ дѣлаетъ 10 оборотовъ въ секунду, то воздухъ оттолкнется и возвратится назадъ 200 разъ, слѣдовательно, произведенный звукъ будетъ соответствовать 200 полнымъ колебаніямъ въ секунду. При нѣсколькихъ трубкахъ слышалось бы тотъ же звукъ, такъ какъ трубки закрывались бы и открывались бы одновременно, — слѣдовательно, число колебаній не измѣнилось бы, новъ этомъ случаѣ звукъ былъ бы, конечно, сильнѣе. (Обыкновенно въ кружкахъ у сиренъ продѣлано нѣсколько рядовъ отверстій—для сравнительныхъ опытовъ).

Теперь мы можемъ опредѣлять высоту звука, слышнаго у пластинки  $D_1$ . Заставимъ кружокъ нашей сирены вращаться все быстрѣе и быстрѣе до тѣхъ поръ, пока онъ не начнетъ издавать звукъ въ унисонъ съ звукомъ у пластинки  $D_1$ . Добившись этого, оставимъ кружокъ вращаться въ теченіе нѣсколькихъ секундъ, по прошествіи которыхъ сосчитаемъ число оборотовъ, сдѣланныхъ кружкомъ (для чего у сирены имѣется весьма простое приспособленіе) за это время (точно показываемое хронометромъ); помноживъ число оборотовъ на число отверстій въ кружкѣ, получимъ число полныхъ колебаній, сдѣланныхъ за это время; наконецъ, раздѣливъ это число на число секундъ, получимъ высоту звука, произведеннаго сиреной, т.-е. высоту звука изданнаго пластинкой  $D_1$ .



Фиг. 73.—Сирена.

Оба описанные способа, приложенные къ передатчику и приемнику, одинаково показываютъ, что звукъ, получаемый въ  $D_1$ , имѣетъ строго ту же „высоту“, что и звукъ, производимый въ  $D$ : на обоихъ станціяхъ слышится нота  $l_3$ , — что мы и могли предсказать, основываясь на законахъ, управляющихъ явленіями индукціи. Безъ всякаго сомнѣнія, Фарадей, открывшій эти явленія, не задумался бы сказать, что въ системѣ, подобной вышеописанной  $DS, D_1, S_1$ , движенія пластинки  $D$  должны передаваться въ  $D_1$ . Дѣйствительно, ему хорошо было извѣстно это взаимное отношеніе между причинами и слѣдствіями, характеризующее явленіе индукціи и объясняющее намъ причину огромной важности этихъ явленій. Но опытъ далеко оставляетъ за собой то, что мы можемъ предвидѣть. Оказывается, что для приведенія въ колебаніе молекулъ пластинки и магнитной передачи звука нѣтъ необходимости прикрѣплять камертонъ къ пластинкѣ, а достаточно уже, чтобы онъ колебался на некоторомъ разстояніи отъ нея. Само собою разумѣется, что то же самое относится и къ звуку, произведенному на любомъ музыкальномъ инструментѣ: въ  $D_1$  будетъ отчетливо слышенъ пѣса, исполняемая въ  $D$ , на скрипкѣ, наприм. Далѣе, если вмѣсто скрипки, мы возьмемъ фортепіано, флейту и т. д., то мы въ состояніи будемъ отличать, на какомъ инструментѣ исполняется пѣса. Слѣдовательно, при подобной передачѣ не измѣняется, — по крайней мѣрѣ замѣтнымъ образомъ, — и то свойство звуковъ, которое мы называемъ „тембромъ“\*: звукъ приходитъ въ  $D_1$ , сохраняя не только свою „высоту“, но и свой „тембръ“. Скажемъ еще болѣе: пѣса можетъ

\*) Въ предыдущей главѣ мы видѣли, что струны у арфы начинаютъ звучать всякій разъ, когда волна изъ производится тѣ звуки, которые эти струны способны издавать. Это свойство даетъ возможность разобраться въ томъ гласѣ звуковъ, который доносится до арфы, — анализировать его. Никъ и воспользовался профессоръ Гельмгольцъ, остроумно опредѣлившій тембръ, какъ „цвѣтъ звука“, для того, чтобы отыскать настоящую причину тембра даннаго звука. Онъ, впрочемъ, бракъ для своихъ изслѣдованій не арфу, а рядъ различнаго, постепенно возрастающаго, объема полыхъ стеклянныхъ или металлическихъ шаровъ съ двумя отверстіями. Эти наполненные воздухомъ шары, получивше названіе резонаторовъ Гельмгольца, обладаютъ тѣмъ же свойствомъ, что и струны

исполняться сразу на нѣсколькихъ инструментахъ, и все-таки лицо, слушающее въ  $D_1$ , узнаетъ каждый инструментъ. Наконецъ, самая членораздѣльная рѣчь,—эти наиболее сложные звуки, которые записываются фонатографомъ въ видѣ самыхъ неправильныхъ, самыхъ неожиданныхъ кривыхъ\*),—отчетливо передается изъ  $D$  въ  $D_1$ , или изъ  $D_1$  въ  $D$ , такъ какъ съ удаленіемъ камертона исчезаетъ всякая разница между этими двумя станціями.—Изъ этихъ поразительныхъ, результатовъ мы получаемъ представление о крайней чувствительности, о необыкновенной способности къ движению, присущей этой невидимой, неизвѣстной средѣ,—способности, благодаря которой возможны магнитныя явленія. Въ этой средѣ, какъ въ матеріальныхъ упругихъ тѣлахъ, какъ въ воздухахъ, наприм., одновременно и не мѣшая другъ другу, могутъ существовать движения самыхъ различныхъ періодовъ; это видно изъ того, что различные звуки, одновременно выходящіе изъ  $D$ , приходятъ въ  $D_1$ , сохранивъ каждый свой характеръ, какъ въ томъ случаѣ, если бы они были переданы при посредствѣ воздуха, при посредствѣ звуковыхъ волнъ. Магнитное превращеніе звука, благодаря которому послѣдній получилъ возможность легко и мгновенно совершить такой путь, какого онъ не могъ бы совершить чрезъ воздухъ, нисколько не измѣнилъ его существенныхъ свойствъ: онъ явился въ  $D_1$  съ прежними своими характеристиками,—съ своей высотой и тембромъ\*\*).

Самая возможность превращенія звуковыхъ волнъ въ магнитныя колеба-

рфы: каждый изъ нихъ отчетливо отдѣляется только на одинъ какой-нибудь звукъ, причемъ отъличительность эта принадлежитъ имъ въ большей мѣрѣ, чѣмъ струнамъ арфы или фортепиано.

Если вълечь подобныя резонаторы привести въ дрожаніе струну, напр., то замѣтимъ, что нѣкоторые изъ нихъ начинаютъ звучать вмѣстѣ съ нею. Изъ этого можно заключить, что струна издаетъ заразъ нѣсколько тоновъ. Самый низкій изъ нихъ, и въ то же время наиболее сильный,—единственный, доступный обыкновенному уху,—есть основной, или *каменный тонъ* въ этомъ крошечномъ орестрѣ, скрытыхъ въ молекуляръ струны. Остальные, сопровождающіе его, тоны гораздо слабѣе и имѣютъ періоды какъ разъ вдвое, втора, вчетверо и т. д. менѣе: именно эти тоны, называемые *гармониками* основного тона, или *обертонами*, и придаютъ послѣднему его особенный характеръ, его тембръ. Это, такъ сказать, цѣты, составляющія звуковой букетъ.

На дрожаніе камертона отзывается только одинъ резонаторъ; следовательно, звукъ, издаваемый камертономъ, не сопровождается гармониками—не имѣетъ тембра, лишена известнаго цвѣта: оттого онъ и не доставляетъ нашему уху того наслажденія, какое доставляютъ намъ другіе, „окрашенные“ звуки. Этимъ свойствомъ камертоновъ воспользовался Гельмгольцъ для воспроизведенія тембра даннаго звука (напр., звука струны). Привода въ дрожаніе одновременно цѣлый рядъ камертоновъ, соответствующихъ найденнымъ изъ предыдущаго анализа основному тону и гармоникамъ, изъ которыхъ состоитъ данный звукъ, онъ съ точностью воспроизводитъ звукъ, издаваемый струной, т. е. получаетъ сложный звукъ съ такимъ же тембромъ; получается впечатлѣніе, будто дрожитъ именно эта струна, а не камертонъ. Каждый изъ камертоновъ представляетъ собой одинъ цвѣтокъ,—належащее сочетаніе известнаго количества соответствующихъ цвѣтковъ даетъ букетъ звуковъ, свойственныхъ данной струнѣ. Такимъ образомъ въ одной и той же струнѣ заразъ происходитъ цѣлый рядъ неодинаковыхъ дрожаній, періоды которыхъ являются множителями періода одного изъ нихъ, именно самого медленнаго. Послѣднее производитъ звукъ, обладающій наибольшей силой, господствующій надъ остальными, но другія дрожанія—съ гораздо меньшими размахами—производятъ звуки, гармонирующие съ основными, придающие ему его оттънокъ, его прелесть.

\*) Музыкальные звуки, напротивъ, записываются фонатографомъ въ видѣ очень правильныхъ линий, составляющихъ одну и ту же кривую.

\*\*) Вполнѣ естественно можетъ возникнуть вопросъ, нельзя ли посмотрѣть на опредѣленіе профессора Гельмгольца: „тембръ—это цвѣтъ звука“,—какъ на нѣчто большее, нежели просто остроумное образное выраженіе; не является ли цвѣтъ въ самомъ дѣлѣ свойствомъ, присущимъ звуку. Известно, что у нѣкоторыхъ людей звуковое ощущеніе сопровождается ощущеніемъ свѣтового: каждый разъ, когда они слышатъ какой-нибудь звукъ, они видятъ въ то же время известныя цвѣты. Это явленіе пока еще мало изучено и не получило до сихъ поръ никакого объясненія.—Мы уже видѣли, что магнитное поле производитъ на всемъ протяженіи проволоки, въ окружающемъ ее пространствѣ, наведенное поле. Вскорѣ мы увидимъ, что электрическій токъ, проходящій по проволоцѣ, производитъ наведенные токи въ соседнихъ проволокахъ. Отчего же не предполагать, что у известныхъ натуръ одни нервы оказываютъ такое же вліяніе на соседніе нервы. Въ интересующемъ насъ случаѣ, мы могли бы представлять себѣ слуховой нервъ наводящимъ, а зрительный нервъ—возводимымъ.

Вотъ любопытные факты, собранные Аяри-де-Паризианомъ въ его *Научникъ Биссатъ*: „Впервые это странное явленіе нервного отраженія отбѣшено въяснилъ врачъ, докторъ Нуссбамеръ. Однажды, еще въ дѣтствѣ, когда онъ и брать забавлялись тѣмъ, что заставляли звучать

нія и наоборот,—магнитныхъ колебаній въ звуковыя волны—указываютъ намъ на тѣсную зависимость между невидимымъ міромъ и міромъ матеріальнымъ, между частицами той среды, въ движеніи которой мы усматриваемъ причину явленій индукціи, и частицами того вещества, движеніе котораго производитъ звукъ. Между обоего рода движеніями существуетъ тѣсный связь, сущность которой намъ, правда, неизвѣстна, но отрицать которую невозможно. Роковымъ образомъ эти движенія сопровождаютъ другъ друга. Разъ приходятъ въ колебаніе молекулы пластинки D, тотчасъ же является магнитное движеніе: наоборотъ, какъ скоро производится магнитное движеніе, въ то же мгновеніе приходятъ въ колебаніе молекулы пластинки; болѣе того: малѣйшія отбѣнки, малѣйшія подробности одного изъ этихъ движеній сопровождаются соответственными отбѣнками другаго. Въ сущности, это одно и то же явленіе, которое

стаканъ, удара его вилкой, онъ замѣтилъ, что *видитъ* цвѣтъ въ то время, когда *осириниваетъ* звукъ, и притомъ настолько ясно, что въ состояніи, заткнувши уши, угадывать по цвѣту силу звука, производимаго ударомъ вилокъ по стакану. Брать его получалъ такіа же сѣтвыя ощущенія подъ вліяніемъ музыкальных звуковъ и шумовъ.

За интересными наблюденіями Нуссбаумера скорѣй послѣдовали почти тождественныя наблюденія одного лирическаго студента-медика. Послѣдній также видѣлъ различныя цвѣта въ то время, когда слышалъ звуки. Музыкальныя ноты сопровождался опредѣленными цвѣтами; высокія ноты вымывали у него ощущеніе свѣтлыхъ, а низкія—ощущенія темныхъ цвѣтовъ. Въ недавнее время напѣсикъ офтальмологъ Педроро констатировалъ тѣ же особенности у одного изъ своихъ друзей.

Привычка—вторая натура. Другъ доктора Педроро такъ свѣлся съ воспріятіемъ двойныхъ ощущеній, —свѣтовыхъ и звуковыхъ,—что не придавалъ ему никакого значенія и никому даже не сообщалъ о немъ. Вначалѣ, впрочемъ, онъ скрывалъ свою особенность изъ опасенія прослыть чудачкомъ. Однажды случилось ему быть въ гостяхъ у одного изъ своихъ пріятелей, гдѣ собранился общество развѣселей, гдѣ, что по всякой формѣ прилетало странное выраженіе, вѣсто изъ какой-то исторіи: „Этой?.. Да вѣдь это прелесть, какъ желтая собака!“—„Вы замѣтили, какой у него голоса?“—сказалъ одинъ изъ присутствующихъ. „Его голосъ прелесть, какъ желтая собака.“—„Восе вѣтъ, — горячо возразилъ другъ доктора Педроро: — у него не желтый, а совершенно красный голосъ.“—Это сказано было такимъ убѣжденнымъ тономъ, что всѣ присутствующіе расхохотались.—„Какъ—красный голосъ?—спрашивали его—что вы говорите?“.. Болѣе, неволей пришлось объясниться. Х... признался, что обладаетъ странной особенностью—видѣть цвѣтъ голоса. Разужется, всякому хотѣлось узнать окраску своего голоса, и Х... пришлось удовлетворить каждому. (Случаямъ угодно было, чтобы среди присутствующихъ находилось лицо съ желтымъ голосомъ: этого голоса оказалась лучше всѣхъ!..

По словамъ Педроро, его другъ вообще совершенно здоровый человѣкъ,—въ частности—слухъ у него хорошъ, зрѣніе—превосходно. А между тѣмъ чувствительность его въ указанномъ отношеніи такъ велика, что свѣтовое ощущеніе у него, можетъ быть, даже предшествуетъ звуковому: прежде чѣмъ онъ успѣлъ отдѣлать себѣ отчетъ въ качествѣ и напряженности звука, онъ уже видѣтъ его цвѣтъ, уже знаетъ, что онъ красный, голубой, желтый и т. д. У этого субъекта незначительное пониженіе или пониженіе ноты не вымываетъ, какъ у лирическаго студента, пониженія въ окраскѣ звука. Нота съ дѣищемъ вымываетъ только болѣе яркій цвѣтъ, нежели простая; бемоль нѣсколько затеняетъ нормальную окраску ноты, но исполненіе одной и той же пѣсни на разныхъ инструментахъ вызываетъ очень различныя ощущенія. Такъ, по словамъ д-ра Педроро, исполненіе одной и той же бретеновой мелодіи на саксофонѣ сопровождается у его друга ощущеніемъ желатаго цвѣта, на кларнетѣ—краснаго, а на фортепьяно—голубого,—въ чемъ скрывается именно вліяніе *тембра*.

Напряженность цвѣта соответствовать силѣ звука. Очень громкіе шумъ даютъ ощущеніе весьма яркихъ цвѣтовъ. Очень высокія ноты, напр. сисъте, сопровождаются ощущеніемъ сѣроватаго цвѣта, который доходитъ до серебристо-бѣлаго при значительной напряженности звуковъ. Звуки человѣческаго голоса вызываютъ самыя разнообразныя ощущенія. Наиболѣе яркія цвѣта даютъ гласныя и; е; мѣтѣ яркой окраской обладаютъ а и о. При дуэльныххъ являются сочетанія цвѣтовъ“.

Привычки, что уже въ 1740 г. іезуитъ Луи-Вертранъ Кастель въ своей любительной *Оптикѣ цвѣтовъ* пытался провести аналогію между цвѣтами и звуками, предположилъ, что семь цвѣтовъ спектра въ точности соответствуютъ семи нотамъ музыкальной гаммы. По его словамъ, *до* соответствуетъ голубую цвѣту, *ре*—желтому, *мі*—красному, а остальные ноты соответствуютъ переходнымъ цвѣтамъ; такимъ образомъ, онъ составилъ слѣдующую музыкально-цвѣтную гамму: *до*—голубой цвѣтъ, *до діазъ*—бѣдно-зеленый, *ре*—свѣто-зеленый, *ре діазъ*—оливково-зеленый, *мі*—желтый, *фа*—золотисто-желтый, *фа діазъ*—оранжевый, *сол*—красный, *сол діазъ*—малиновый, *ла*—фиолетовый, *ла діазъ*—сине-фиолетовый, *сі*—синій. На основаніи этой аналогіи между звуками и цвѣтами, Кастель устроилъ оригинальный сварадъ—*цвѣтное фортепьяно*, при помощи котораго можно было вызывать появленіе соответствующихъ даннымъ звукамъ цвѣтовъ, по гаммѣ Кастеля. Этотъ ученый утверждалъ, что продолженіе предъ глазами опредѣленной серіи цвѣтовъ, соответствующихъ вѣстной пѣснѣ, при равенствѣ промежутокъ времени между цвѣтами съ такими же промежутокми между нотами пѣснѣ,—вымываетъ въ душѣ зрителя ощущеніе, вполнѣ сходное съ тѣмъ, какое онъ испытываетъ при слушаніи пѣснѣ.

какъ бы изъ стремленія къ самосохраненію испытываетъ извѣстное превращеніе, дающее ему возможность существовать въ двухъ разнородныхъ средахъ, въ двухъ различныхъ мірахъ.

Это превращеніе звука совершается благодаря присутствію магнита и пластинки изъ мягкаго желѣза, молекулы которой подвергаются вліянію магнитнаго поля, силовыхъ линій. Мы видѣли, что степень нарушенія вида силовыхъ линій зависитъ отъ формы куска мягкаго желѣза, введеннаго въ магнитное поле, но самое нарушеніе происходитъ всякій разъ, когда кусокъ мягкаго желѣза, — какую бы форму онъ ни имѣлъ, — перемѣщается по отношенію къ магниту. Отсюда понятно, что пластинка изъ мягкаго желѣза не должна быть обязательно сплошной, состоять непремѣнно изъ одного цѣльнаго куска, но можетъ быть и вырванной, продырявленной во многихъ мѣстахъ. Больше того, Меркадѣ доказалъ путемъ опыта, что при замѣнѣ пластинки D желѣзными опилками, образующими кисть на оконечности магнита, передатчикъ не теряетъ присущихъ ему свойствъ. То же самое можно сдѣлать и съ приемникомъ, но риску прекратить его дѣйствіе. Въ этомъ случаѣ, звуковыя волны будутъ вызывать движеніе въ молекулахъ опилокъ точно такъ же, какъ онѣ вызывали его въ молекулахъ пластинки. Однако же, необходимо замѣтить, что *напряженность* \*) переданнаго звука оказывается при этомъ уменьшенною, т. е. для того, чтобы разслышать звукъ, приходится больше приближать ухо къ приемнику и ослухать съ большимъ вниманіемъ. Ослабленіе звука происходитъ отъ того, что опилки даютъ силовымъ линіямъ ориентироваться свободно, между тѣмъ какъ пластинка заставляетъ ихъ концентрироваться на ней, приводитъ ихъ въ состояніе вѣнковаго напряженія, гораздо болѣе благоприятствующаго сохраненію звука. Изъ этого, однако, не слѣдуетъ заключать, что тѣмъ толще пластинка, тѣмъ лучше; изъ опытовъ Меркадѣ обнаружилось, что для всякаго телефона существуетъ извѣстная, наиболѣе выгодная для него толщина пластинки (въ предѣлахъ нѣсколькихъ десятыхъ миллиметра); увеличеніе или уменьшеніе толщины пластинки влечетъ за собой ослабленіе телефона.

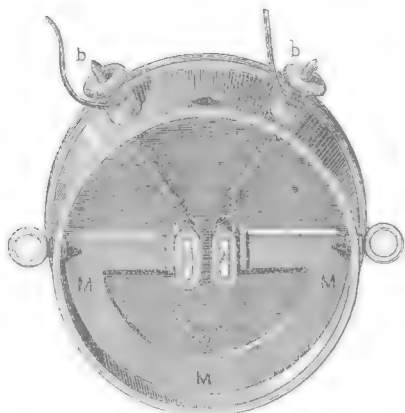
До сихъ поръ мы говорили только о желѣзной пластинкѣ, допустивъ предположеніе, что способностью пріобрѣтать магнитныя свойства обладаетъ одно желѣзо. Однако же, если вмѣсто *желѣзной пластинки* возьмемъ *мѣдную*, наша система не перестанетъ дѣйствовать. Это требуетъ нѣкоторыхъ поясненій. Если въ опытѣ магнитнаго спектра помѣстить подъ листъ картона, противъ одного изъ полюсовъ магнита, мѣдную полоску, послѣдняя не окажетъ никакого вліянія на форму спектра, — она не намагничивается отъ дѣйствія магнитнаго поля; въ этомъ отношеніи она, слѣдовательно, значительно отличается отъ желѣза. Но въ динамическомъ состояніи, т. е. въ то время, когда мѣдная полоска находится въ быстромъ движеніи, или когда магнитное поле колеблется, нѣкоторыя измѣненія, мѣдѣ теряютъ свои нейтральныя свойства. Впослѣдствіи мы ближе разяснимъ это явленіе; пока же намъ достаточно знать, что въ динамическомъ состояніи, именно благодаря индукціи, мѣдная пластинка обладаетъ тѣми же свойствами, хотя въ гораздо меньшей степени, что и желѣзная. Сказанное относится также и ко всемъ металламъ, — къ каждому въ различной степени.

\*) Съ какою бы силою мы ни заставляли дрожать камертонъ, онъ будетъ издавать все одинъ и тотъ же звукъ, но *напряженность* звука, его сила будетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше расхожденіе вѣтвей камертона. Другими словами, написывая дрожанія камертона, произведенныя съ разнающею силой, мы замѣтимъ, что подъемы и спуски у увеличивъ рисунка имѣютъ тѣмъ большую высоту, чѣмъ лучше и чѣмъ на большемъ разстояніи слышенъ произведенный звукъ. Прибавимъ, что *напряженность* звука зависитъ также отъ его „периода“; чѣмъ меньше періодъ при одной и той же амплитудѣ, тѣмъ звукъ сильнѣе. До сихъ поръ физика еще не обладаетъ способомъ болѣе или менѣе точнаго сравненія звуковъ по ихъ напряженности. Наше ухо, одаренное столь тонкой чувствительностью въ воспріятіи самой ничтожной амплитуды колебательнаго движенія и въ сужденіи объ интервалахъ, т. е. о высотѣ звуковъ, производимыхъ одновременно или одинъ за другимъ, — оказывается совершенно неспособнымъ указать, хотя бы приблизительно, въ какой мѣрѣ одинъ звукъ напряженнѣе другого. Поэтому приходится сравнивать звуки по ихъ „силѣ слышимости“ и говорить, что напряженность звука тѣмъ больше, чѣмъ на большемъ разстояніи онъ можетъ быть слышенъ.

По этой-то причинѣ Меркадье могъ замѣнить желѣзныя пластинки D и D<sub>1</sub> пластинками изъ мѣди и алюминія, не уничтоживъ существенныхъ чертъ прибора: звукъ выходилъ изъ приемника только гораздо слабѣе, чѣмъ въ случаѣ желѣзныхъ пластинокъ.

Теперь мы понимаемъ, почему телефонъ Белля (фиг. 58),—представляющій собою не что иное, какъ упрощенную, миниатюрную систему DS,—состоитъ изъ магнита, желѣзной пластинки, зажатый по окружности, катушки, проволока которой проводитъ звуковыя волны въ сходный съ передатчикомъ приемный аппаратъ. Являясь, съ одной стороны, разумнымъ слѣдствіемъ фактовъ индукціи и акустики, телефонъ, съ другой стороны,—тѣми своими свойствами, которыя обнаружались только изъ опыта,—показываетъ: 1) что въ магнитной средѣ,—подобно тому, какъ въ средахъ матеріальныхъ,—могутъ существовать рядомъ колебанія весьма различныхъ періодовъ и 2) что та связь, которая существуетъ между молекулами тѣл и молекулами магнитной среды, представляется столь тонкою, что звуковая волна, не смотря на испытываемыя ею превращенія, не теряетъ ни одного изъ своихъ существенныхъ свойствъ.

Успѣхъ, вылавпвшій на долю Грегга Белля, имѣлъ своимъ послѣдствіемъ многочисленныя видоизмѣненія первоначальнаго прибора. Въ каждой странѣ, съ цѣлью его усовершенствованія, съ цѣлью увеличенія напряженности и отчетливости передаваемыхъ звуковъ, были введены различныя измѣненія въ формѣ его составныхъ частей,—но суть остается та же: во всѣхъ приборахъ неизмѣнно дрожать въ магнитномъ полѣ, произведенномъ при помощи магнита, пластинки изъ мягкаго желѣза; слѣдовательно, въ нашемъ объясненіи намъ нечего измѣнять. Измѣненію подверглась только форма магнита, а чрезъ это—видъ линий силы магнитнаго поля. Въ нашу задачу не входитъ описаніе всѣхъ многочисленныхъ видовъ телефона, употребляемыхъ въ различныхъ странахъ для необходимыхъ нуждъ или въ лабораторіяхъ ученыхъ изслѣдователей,—мы отмѣтимъ лишь наиболѣе типичныя, наиболѣе важныя измѣненія, введенныя въ устройство магнитнаго телефона.



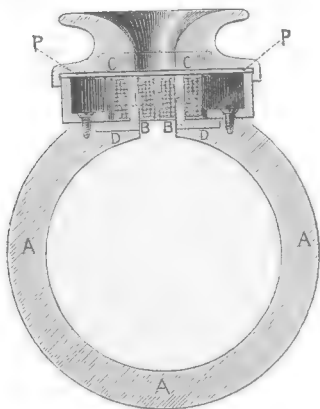
Фиг. 74.—Телефонъ Горюха.



Фиг. 75.—„Королевный“ телефонъ Фелькса.

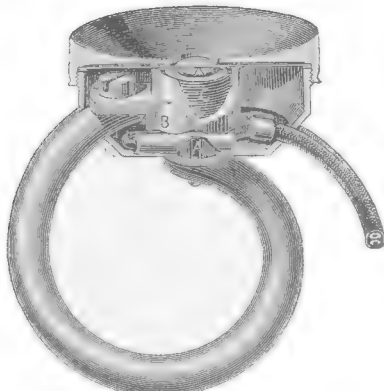
Горюха вмѣсто прямого беретъ изогнутый магнитъ MM, какъ показано на фигурѣ 74. Здѣсь употреблены въ дѣло оба полюса—A и B, окруженные каждый плоской катушкой. Въ b, b видны борны (винты, такъ называемые полюсы), съ которыми соединяются телефонная проволока, идущая въ соответственный аппаратъ.

Въ одномъ изъ видоизмѣненій телефона, предложенномъ *Феллсомъ*, магнитное поле производится посредствомъ нѣсколькихъ подковообразныхъ магнитовъ (фиг. 75). Южные полюсы SS... магнитовъ расположены въ видѣ короны на весьма близкомъ разстояніи отъ центральной части упругой пластинки, сѣверные NN... поддерживаютъ периферическую часть последней. По сходству съ короной, этотъ приборъ носитъ названіе „короннаго телефона“.



Фиг. 76.—Телефонъ Адера.

же изъ мягкаго желѣза. Въ последнемъ помѣщается катушка С. Этимъ превосходнымъ расположеніемъ достигается наиболѣе сильное вліяніе магнитнаго поля на катушку.



Фиг. 77.—Телефонъ д'Арсонваля.

локи не были въ дѣйствіи; въ противномъ же случаѣ, звуки, хотя и могли быть слышаны, но настолько ослаблялись, что казались какъ бы заглушаемыми грозой“.

Описанному виду телефона недостаетъ возможности симаго магнитнаго колебанія, которое достигается въ телефоны съ элеме...

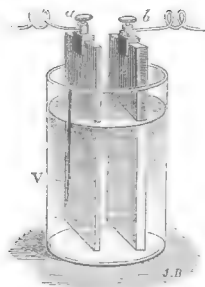
Въ столь распространенномъ нынѣ телефонѣ Адера магнитъ расположенъ такимъ образомъ, что служитъ вмѣстѣ и ручкой прибора. Полюсами кольцеобразнаго магнита изъ полированной стали (фиг. 76) служатъ два куска мягкаго желѣза D, D, продолженія которыхъ d d окружены катушками B, B. Предъ упругой пластинкой P расположено кольцо изъ мягкаго желѣза CC, названное „экстра-возбудителемъ“. Назначеніе этого кольца—увеличивать дѣйствіе колебаній въ магнитномъ полѣ на пластинку.

Д'Арсонвалъ, подобно Адеру, употребляетъ только одинъ кольцеобразный магнитъ. Однимъ изъ полюсовъ этого магнита (фиг. 77) служитъ цилиндръ изъ мягкаго желѣза AA. Къ другому концу магнита, въ качествѣ другого полюса, привинчивается полый цилиндръ B, то же изъ мягкаго желѣза.

Въ последнемъ помѣщается катушка С. Этимъ превосходнымъ расположеніемъ достигается наиболѣе сильное вліяніе магнитнаго поля на катушку.

При помощи магнитныхъ телефоновъ, служащихъ въ одно время и прелатчиками и приемниками, передача можетъ производиться лишь на небольшое разстояніе. „Вполнѣ естественно возникаетъ вопросъ, — писалъ Грегемъ Белль въ своей *Запискѣ*, — какова должна быть наибольшая длина пути, еще возможная при телефонной передачѣ. Но отвѣчать на это трудно — въ виду неодинаковости условій, въ какія можетъ быть поставленъ опытъ въ различныхъ случаяхъ. Мнѣ лично удавалось получать отчетливую передачу лишь при длинѣ телефонной проволоки, не превышавшей 435 верстъ. Въ подобныхъ опытахъ все шло хорошо лишь въ то время, когда сосѣднія телефонныя проволо-





Фиг. 79.—Элементъ Вольты.

## Глава IV.

### Телефоны съ элементами.

Во электрических телефонахъ, всюду нынѣ употребляемыхъ, приемникомъ по-прежнему служитъ магнитный телефонъ, т.-е. слушаніе опять-таки производится при помощи такого телефона, — ему, слѣдовательно, принадлежитъ воспроизведеніе рѣчи. Во Франціи повсюду приняты телефоны Адера—для сообщеній между жителями одного и того же города и телефонъ д'Арсонваля—для сообщеній между отдаленными другъ отъ друга пунктами, напр. между Парижемъ и Марселемъ. Отличается электрический телефонъ отъ магнитнаго только передатчикомъ. Здѣсь передатчикъ, т. е. тотъ приборъ, предъ которымъ говорятъ, — назначеніе котораго—собирать колебанія голоса и превращать ихъ въ магнитныя колебанія, — уже не представляетъ собою магнитнаго телефона въ собственномъ смыслѣ. Это новый аппаратъ, въ которомъ слѣдуетъ различать двѣ части: одной части мы дадимъ названіе *магнита съ элементомъ*, — и это будетъ не только весьма просто, но и вполне точно, — другая — называется *микрофономъ* \*).

Для пониманія введеннаго нами понятія—*магнита съ элементомъ*, необходимо узнать сперва, что такое *элементъ*. Откладывая подробности теоріи элемента до соответственнаго отдѣла, ограничимся здѣсь только самымъ необходимымъ — разъясненіемъ смысла нѣкоторыхъ выраженій, употребляемыхъ въ ученіи объ электричествѣ.

Для того, чтобы лучше сосредоточиться на интересующемъ насъ предметѣ, возьмемъ частный случай. Если въ сосудѣ V (фиг. 79) нальемъ воды и немного сѣрной кислоты, и въ эту жидкость погрузимъ двѣ металлическія пластинки (*пару*) — мѣдную C и цинковую Z, къ верхнимъ концамъ которыхъ припаяно по мѣдному брусочку a, b, — мы получимъ *Вольтовъ элементъ*—легкое видоизмѣненіе первоначальнаго *Вольтова столба*. Такова въ сущности идея Вольтова столба, устроеннаго въ столь памятномъ въ исторіи электричества 1800-мъ году \*\*); a и b

\*) *Микрофонъ*, отъ греч. словъ — *μικρός* (микросъ) — *малый*, и *φωνή* (фона) — *голосъ*, *звукъ*: аппаратъ, позволяющій слышать даже самыя слабыя звуки.

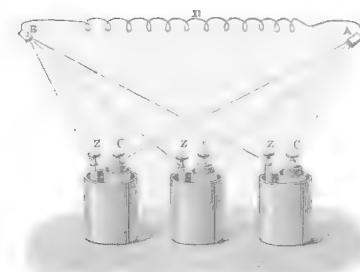
\*\*) Первоначальный приборъ Александра Вольты (род. въ Комѣ въ 1745 г., умеръ въ 1827 г.) состоялъ изъ многихъ паръ мѣдныхъ и цинковыхъ кружковъ, раздѣленныхъ, сухими кружками, пропитанными подкисленной водой. Кружки были наложены другъ на друга, образуя вѣсть подобіе столбика; отсюда и названіе прибора: *Вольтовъ столбъ*.

называются концами, или *полосами* элемента; брусочек *a*, припаянный къ мѣди *C*, называется *положительнымъ* — его часто обозначаютъ просто знакомъ  $+$  (плюсъ), — а брусочек *b*, припаянный къ цинку *Z*, называется *отрицательнымъ*, — обозначается знакомъ  $-$  (минусъ).



Фиг. 80. — Последовательное соединѣніе элементовъ.

*b*<sub>1</sub>, *b*<sub>2</sub>. При такомъ соединѣніи остаются свободными два брусочка; на нашемъ рисункѣ *a*<sub>1</sub> и *b*<sub>3</sub>; *a*<sub>1</sub> есть положительный полюсъ *всей системы элементовъ*, *b*<sub>3</sub> — отрицательный полюсъ ея. Этотъ видъ соединѣнія носитъ названіе *последовательнаго соединѣнія*. По другому способу, всѣ мѣдныя пластинки *C*, соединяютъ съ однимъ мѣднымъ брусочкомъ *A*, а всѣ цинковыя *Z* съ другимъ — *B*. А есть, такимъ образомъ, общій положительный, а *B* — общій отрицательный полюсъ



Фиг. 81. — Параллельное соединѣніе элементовъ.

Когда концы какой-нибудь свободной проволоки (обыкновенно употребляется мѣдная) соединяются съ полюсами элемента (фиг. 81), или цѣлой группы соединенныхъ элементовъ, что одно и то же, — проволока приобретаетъ особенныя свойства, приходитъ въ новое состояніе, обнаруживающееся различными дѣйствіями, которыя приписываютъ *электрическому току*, произведенному въ проводкѣ самимъ элементомъ. „Электрический токъ“ — обозначеніе, не опредѣляющее ближайшей сущности явленія и принятое просто за наимѣнѣе лучшее.

Подобно тому какъ для линий силы магнитнаго поля, съ цѣлью облегчить описаніе явленій и придать ему большую точность, принято известное направленіе, — и относительно электрическаго тока условились говорить, что онъ идетъ по проводкѣ отъ положительнаго полюса къ отрицательному, считая первый какъ бы началомъ, а второй — устьемъ, мѣстомъ впаденія электрическаго тока. Конечно, это не болѣе, какъ удобное образное представленіе, такъ какъ о теченіи электричества, подобномъ теченію воды въ рѣкѣ, никто на самомъ дѣлѣ не ду-

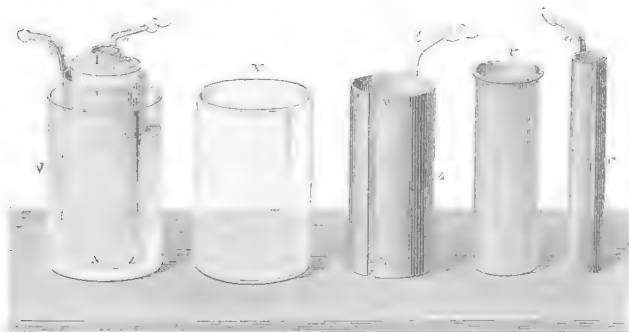
Часто необходимо бываетъ пользоваться нѣсколькими или многими элементами \*). Тогда ихъ *соединяютъ* по тому или другому изъ ниже описываемыхъ способовъ. Одинъ способъ состоитъ въ томъ, что элементы располагаютъ по тому или другому, чтобы цинкъ *Z* одного элемента находился рядомъ съ мѣдью *C* слѣдующаго (фиг. 79); рядомъ расположенныя полюсы соединяютъ проволокой

всей совокупности соединенныхъ элементовъ. Такое соединѣніе называется *параллельнымъ* (фиг. 81). Въ каждомъ данномъ случаѣ приходится рѣшать, какой изъ двухъ способовъ соединѣнія элементовъ выгоднѣе, — не выгоднѣе ли употребить оба способа вмѣстѣ, т. е. прибѣгнуть къ *смѣшанному соединенію*, а въ последнемъ случаѣ необходимо бываетъ опредѣлить и степень участія

\*) Вообще, когда мы говоримъ, что для известнаго опыта намъ нуженъ элементъ, рѣчь идетъ обыкновенно не объ одномъ элементѣ, а о нѣсколькихъ или многихъ, такъ или иначе соединенныхъ между собою.

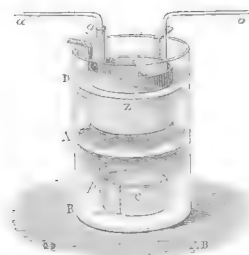
масть. Если по проводокъ токъ идетъ отъ положительнаго полюса къ отрицательному, то въ самомъ элементѣ онъ долженъ идти, наоборотъ, отъ цинка къ мѣди.

Въ настоящее время электрическій токъ получаютъ при помощи элемен-

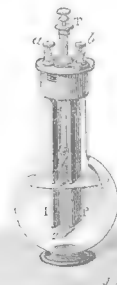


Фиг. 82.—Составленный и разобранный элементъ Даниэля.

товъ, отличныхъ отъ элемента Вольты. *Элементъ Беккереля* (1829 г.), видоизмѣненный англійскимъ ученымъ *Даниэлемъ* въ 1836 г., устроенъ слѣдующимъ образомъ. Въ стеклянный или, лучше, каменный сосудъ, содержащій подкисленную сѣрной кислотой воду, погруженъ—не вполнѣ—цинковый листъ, свернутый въ видѣ цилиндра. Въ этотъ цилиндръ *ZZ* вставленъ сосудъ изъ пористой глины *v*, содержащій растворъ мѣднаго купороса (сѣрномѣдной соли, сѣрнокислой мѣди), а въ глиняный сосудъ погружена мѣдная пластинка *c*, также свернутая въ видѣ цилиндра (фиг. 82). Германскій ученый *Бунзенъ* устроилъ, въ 1843 г., элементъ, сходный съ только что описаннымъ, замѣняя въ мѣдный купоросъ продажной азот-



Фиг. 83.—Элементъ Калло.



Фиг. 84.—Бутылочный элементъ (Грове).

ной кислотой (крѣпкой водкой), а мѣдную пластинку—пластинкой кокса (жоскъ есть твердый остатокъ, получающійся на стѣнкахъ большихъ полу-цилиндрическихъ печей, или ретортъ при сухой перегонкѣ въ послѣднихъ каменнаго угля, съ цѣлью добыванія свѣтлительнаго газа; по измельченіи этого остатка изъ него путемъ давленія приготавливаются пластинки). Укажемъ также на видоизмѣненіе Даниэлева элемента — *Калло*. Здѣсь нѣтъ пористаго сосуда (фиг. 83); растворъ сѣрномѣдной

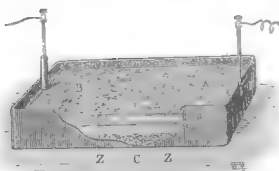
соли занимает нижнюю часть сосуда BA,—подкисленная сѣрной кислотой вода плаваетъ сверху—AD; въ C расположена мѣдная, въ Z — цинковая пластинка. Проволока, идущая къ C, защищена отъ вліянія жидкостей элемента гуттаперчевымъ футляромъ *gr*. Элементъ Калло весьма употребителенъ на телеграфѣхъ.

Опишемъ вкратцѣ еще слѣдующіе важныя въ практическомъ отношеніи элементы: бутылкообразный элементъ, элементъ Декланше и элементъ Шаперона и Лаланда.

*Бутылочный элементъ (Гренѣ)* содержитъ смѣшанный растворъ двухромово-калиевой (двухромово-кислого кали) и сѣрной кислоты; на 1000 частей воды берутъ 100 частей двухромово-калиевой соли и 50 частей сѣрной кислоты. Въ эту жидкость до половины погружены двѣ угольные пластинки PP, соединенныя между собой мѣдной пластинкой. При помощи прута T, цинкъ можно погрузить въ жидкость или поднять (*фиг.* 84). Цинкъ и угли прикрѣплены въ эбонитовой крышкѣ бутылки.

Въ элементъ Декланше (*фиг.* 95) цинкъ, помѣщающійся въ углу элемента справа, погруженъ въ растворъ нашатыря; уголь вставляется въ пористый сосудъ, въ который насыпана перекись марганца; такимъ образомъ уголь соприкасается и съ растворомъ нашатыря, и съ перекисью марганца. Этотъ элементъ часто употребляется въ электрическихъ звонкахъ.

Въ элементъ Шаперона и Лаланда, которымъ особенно много пользуются въ телефоніи, кислоты нѣтъ. На днѣ четырехугольнаго, неглубокаго желѣзнаго сосуда (*фиг.* 85), въ C, помѣщается мѣда, окисленная путемъ накаливанія на воз-



Фиг. 85.—Элементъ Шаперона и Лаланда.

духѣ; кромѣ того, сосудъ содержитъ растворъ поташа, въ который погружена цинковая пластинка ZZ. Отъ соприкосновения съ воздухомъ жидкость предохраняется слоемъ нефти AB.

Такимъ образомъ, элементъ всегда состоитъ изъ одного или нѣсколькихъ сосудовъ, содержащихъ различныя жидкости, — смотря по элементу, — въ которыхъ погружены двѣ пластинки, цинковая и мѣдная или угольная. Къ цинку, который во время дѣйствія элемента разлагается жидкостью, прикрѣпленъ кусочекъ мѣди, представляющій собой отрицательный (—) полюсъ элемента, — къ мѣди или углю прикрѣпленъ такой же кусочекъ мѣди, представляющій собой положительный (+) полюсъ элемента. Какое бы устройство ни имѣли элементы, они всегда могутъ быть соединены, какъ объяснено выше, или въ рядъ, послѣдовательно, — или параллельно.

Теперь мы займемся однимъ изъ наиболѣе любопытныхъ дѣйствій электрическаго тока, возбужденнаго въ проволоцѣ, концы которой соединены съ полюсами одного элемента или группы нѣсколькихъ элементовъ.

Съ того времени, какъ стали извѣстны явленія магнетизма и электричества, ученые неоднократно убѣждались въ томъ, что магнитная стѣлка, испытываетъ нѣкоторыя измѣненія въ своихъ свойствахъ или даже совершенно утрачиваетъ ихъ подъ вліяніемъ электрическихъ разрядовъ, напр., молніи; но законы этого явленія и характеръ той связи, которая существуетъ между магнетизмомъ и электричествомъ, оставались совершенно неизвѣстными до знаменательнаго открытія Эрстеда.

Гансъ Христіанъ Эрстедъ \*) дѣлалъ въ своей лабораторіи многочисленныя попытки открыть взаимодѣйствіе между магнитомъ и проволокой, по которой проходить токъ; при этомъ онъ всегда старательно располагалъ проволоку подѣ

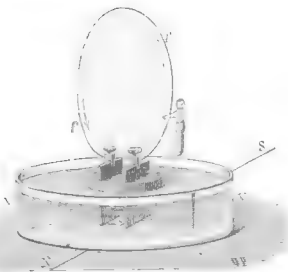
\*) Датскій физикъ и химикъ, род. въ Рудкѣбингѣ 14 августа 1777 г., умеръ въ Копенгагенѣ 9-го марта 1851 года.

прямым угломъ къ магниту, но не замѣчалъ никакого дѣйствія. Однажды, пытаясь повторить этотъ опытъ предъ своими слушателями, въ копенгагенскомъ университетѣ, онъ случайно помѣстилъ проволоку параллельно магнитной стрѣлкѣ, — и послѣдняя быстро пришла въ колебаніе, а затѣмъ установилась въ положеніи, перпендикулярномъ къ направленію проволоки.

21-го іюля 1820 г. Эрстедъ обнаружилъ великое открытіе, которымъ онъ обогатилъ науку, въ запискѣ, озаглавленной „Опыты относительно дѣйствія электрическаго тока на магнитную стрѣлку“. Французскій Институтъ присудилъ Эрстеду золотую медаль за „важное открытіе дѣйствія Вольтова столба на магнитную стрѣлку“. Эти опыты, явившіеся первымъ научнымъ указаніемъ на соотношение, существующее между электрическимъ токомъ и магнитной стрѣлкой, побудили Ампера заняться болѣе подробнымъ изученіемъ этого отношенія, установить его законы и создать то, что извѣстно подъ названіемъ „электромагнетизма“. Труды его въ этой области продолжили дорогу исследователямъ, ученымъ всѣхъ странъ, такъ что можно утверждать, что *телефонъ*, равно какъ и всѣ наши новѣйшія приложенія электричества къ промышленности, являются непосредственнымъ продолженіемъ и развитіемъ идей Ампера.

Обратимся къ изученію *магнитныхъ дѣйствій*, обнаруживаемыхъ *электрическимъ токомъ*, и въ частности — *магнитныхъ дѣйствій* того, чему мы дали названіе *магнита съ элементомъ*. Эти дѣйствія суть единственно важныя въ телефоніи, а потому они одни должны интересоваться насъ въ настоящую минуту.

Соединимъ концы какой-нибудь проволоки *ff* съ полюсами элемента (*фиг. 87*). Проволока образуетъ то, что называютъ *внѣшней частью цѣпи*; ее иначе называютъ *соединительной проволокой*, такъ какъ она соединяетъ между собою полюсы. Элементъ образуетъ *внутреннюю часть цѣпи*. Теперь навьемъ часть проволоки на деревянную палочку или стеклянную трубку, а затѣмъ удалимъ палочку или трубку. Если эту закрученную такимъ образомъ проволоку ввести въ цѣпь, она приобретаетъ всѣ свойства магнита; будучи подвижна на шарнирѣ, она, подобно магнитной стрѣлкѣ, устанавливается въ направленіи съ сѣвера на югъ \*).

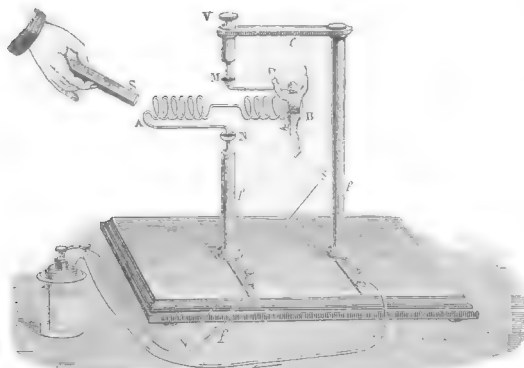


Фиг. 86.—Ориентированіе отдѣльнаго вѣтвита оборота спирали.

\*) Шарниръ образуется двумя острыми *M* и *N*, расположенными на одной вертикальной линіи и погруженными въ чашечки со ртути; этимъ достигается весьма большая подвижность спирали; винтъ *V* служитъ для надвиганія установки остри *M*. Если подвижный оборотъ спирали, отдѣльно вѣтвигъ (*фиг. 86*), принимать направленіе, перпендикулярное къ направленію съ сѣвера на югъ, устанавливаясь притомъ такимъ образомъ, что токъ восходитъ въ западной половинѣ проволоки. На фигурахъ 86 и 87 видна человѣческая фигурка, называемая *наблюдателемъ Ампера*.

Слѣдуетъ дать легкое, краткое и точное обозначеніе различнымъ направленіямъ, принимаемымъ магнитной стрѣлкой подъ вліяніемъ электрическаго тока, Амперъ прѣдлагаетъ къ слѣдующему образному представленію. Если вообразить наблюдателя, лежащаго вдоль проволоки, лицомъ къ стрѣлкѣ, такимъ образомъ, что токъ входитъ въ его ноги и выходитъ черезъ голову, то, какъ показывають опыты, каково бы ни было направленіе проволоки относительно магнитной стрѣлки, наблюдатель увидитъ всегда, что сѣверный полюсъ стрѣлки отклоняется влѣво. Этотъ наблюдатель служитъ вѣдѣть съ тѣмъ къ опредѣленію полюсовъ спирали, подобнаго *AB*. Если наблюдатель помѣщается на спираль такимъ образомъ, что лицо его обращено внутрь спирали и токъ проходитъ отъ ногъ къ головѣ, то сѣверный полюсъ всегда находится по лѣвую сторону наблюдателя. Само собой разумеется, что этотъ наблюдатель служитъ только къ точнѣшему обозначенію магнитныхъ дѣйствій электрическаго тока. Если, напр., магнитная стрѣлка будетъ помѣщена внутри нѣсколькихъ оборотовъ проволоки, то, такъ какъ для всѣхъ оборотовъ положеніе влѣво отъ Амперова наблюдателя будетъ находиться по одну и ту же сторону, то ихъ совокупное магнитное поле будетъ отклонять сѣверный полюсъ именно въ эту сторону.

Ея сѣверный и южный полюсы будутъ притягиваться разноименными и отталкиваться одноименными полюсами магнита (фиг. 87). На другую подобную же



Фиг. 87.—Солениды и „наблюдатель“ Ампера.

гигурѣ 88. Очевидно, слѣдовательно, что снарядъ АВ производитъ поле, такъ какъ, подобно магниту, обнаруживаетъ свое дѣйствіе въ окружающемъ его пространствѣ, безъ видимой связующей среды. Есть ли теперь надобность въ дальнѣйшемъ разъясненіи этого тождества? Не очевидно ли послѣ сказаннаго, что прутъ изъ стали или мягкаго желѣза будучи введенъ въ это поле, долженъ самъ обратиться въ магнитъ? Не должны-ли измѣненія и въ этомъ полѣ производить дѣйствій индукціи вдоль замкнутой проволоки, частью или вполне введенной въ поле? Опытъ подтверждаетъ наши ожиданія. Это поле, ничѣмъ не отличающееся отъ магнитнаго поля, необходимо должно быть названо магнитнымъ полемъ. Лишь только цѣпь *ff* будетъ гдѣ-нибудь разомкнута, прервана, снарядъ АВ точно-же утратитъ всю свою силу. Всю свою живучесть онъ почерпаетъ изъ элемента Р. Этотъ элементъ, безъ сомнѣнія, устанавливаетъ магнитное поле вдоль всей цѣпи *ff* (какъ мы видѣли изъ опыта Эрстеда, гдѣ магнитная стрѣлка отклоняется отъ положенія равновѣсія вблизи какой бы то ни было части цѣпи), но для получения магнитнаго поля, совершенно сходнаго съ полемъ магнита, необходимо, какъ объяснено выше, придать проволоку форму спирали.—Не обязательно-ли послѣ этого дать снаряду АВ названіе „магнита съ элементомъ“? Онъ представляетъ собою „магнитъ“, потому что во всѣхъ случаяхъ можетъ замѣнить магнитную стрѣлку или полоску, но его дѣйствіе обнаруживается только тогда, когда онъ находится въ связи „съ элементомъ“, завися отъ измѣненій, претерпѣваемыхъ въ послѣднемъ цинковою пластинкой. При этомъ важно замѣтить, что проволока АВ, благодаря элементу, обращается въ магнитъ, изъ какаго бы металла она ни была сдѣлана—изъ желѣза, мѣди, серебра и т. д., а не только въ томъ случаѣ, если она желѣзная или стальная.

Удивительнымъ открытіемъ магнита съ элементомъ, являющагося душой великихъ современныхъ открытій и практическихъ ихъ приложений, мы обязаны знаменитому ученому Амперу. Спираль АВ Амперъ далъ названіе *солениды*, отъ греческаго слова *σπῆλις*—трубка,—руководствуясь при этомъ именно трубкообразной формой, приданной спирали. Велико было торжество въ ученомъ мірѣ когда Амперъ \*) открылъ это свойство соленидовъ—взаимно притягиваться или

спираль она будетъ дѣйствовать, какъ на магнитъ: ея сѣверный и южный полюсы будутъ притягивать разноименные и отталкивать одноименные полюсы спирали. Наконецъ, если помѣстить ее подъ листъ картона, который осыпается желѣзными опилками, расположеніе послѣднихъ изобразитъ намъ линіи силы, какъ въ опытѣ магнитнаго спектра, представленнаго на фигурѣ 88.

\*) Андре-Мари Амперъ, род. въ Лионѣ 22-го января 1775 г., ум. въ Марселѣ 10-го іюня

отталкиваться, смотря по тому, обращены ли они другъ къ другу разноименными, или одноименными полюсами. „Амперу справедливо удивлялись,—говоритъ Жозефъ Бертрагъ въ предисловіи къ своей *Термодинамикѣ*,—но, какъ неизбежно бываетъ въ подобныхъ случаяхъ, кашпашъ и люди, умалявшіе его значеніе. „Разъ мы знаемъ,—говоритъ одинъ изъ его хулителей,—что два тока дѣйствуютъ на одинъ и тотъ же магнитъ, развѣ не очевидно, что они должны дѣйствовать другъ на друга!“—, Чѣмъ объяснить,—спрашивалъ себя Амперъ, когда Араго поднесъ къ магнитной стрѣлкѣ два ключа, (фиг. 88),—что ключи, оба притягивая стрѣлку, другъ друга, однако, не притягиваютъ“.—То, что казалось инымъ очевидностью, слѣдовательно, было мнимомъ очевидностью“.

Когда обороты проволоки, образующіе спираль АВ, расположены тѣсно другъ около друга въ одинъ или нѣсколько слоевъ, соленоидъ получаетъ названіе *бобины*, или *катушки* \*). Катушка обладаетъ тѣми же магнитными свойствами, что соленоидъ; но поле производимое ею, востокъ разъ сильнѣе, во сколько разъ болѣе число оборотовъ она содержитъ \*\*). Остановимся теперь на одномъ изъ особенно интересныхъ свойствъ „магнита съ элементомъ“, которое потому заслуживаетъ большого вниманія, что освѣщаетъ, уясняетъ механизмъ телефона съ элементомъ.

Возьмемъ катушку В (фиг. 89), внутри которой помѣщена другая катушка В'. Одинъ изъ концовъ проволоки В' соединенъ съ однимъ изъ полюсовъ элемента Р, другой конецъ ея прикрѣпленъ къ ножкѣ камертона D. Другая проволока, соединенная съ другимъ полюсомъ элемента кончается въ F, вблизи лѣвой вѣтви камертона. Въ цѣпь катушки В введена рамка съ помѣщенной въ центрѣ ея магнитной стрѣлкой а.

Въ тотъ моментъ, когда при колебаніи камертона (вызвѣтъ, для облегченія наблюденія, будемъ считать, что это колебаніе совершается медленно), лѣвая вѣтвь его касается проволоки F, цѣпь элемента замыкается и катушка В',

1836 г., „Въ первый числахъ сентября 1820 г.,—сказалъ Корню въ своей рѣчи по случаю открытія памятника Амперу въ Лионѣ,—академія наукъ узнала о наиболѣе замѣчательномъ открытіи въ области электричества со времени трудовъ Гальвани и Вольты: датскій ученый Эрстедъ наметъ, что проволока, соединяющая полюсы элемента Вольты, дѣйствуетъ на магнитную стрѣлку. Это дѣйствіе, правда, казалось мало понятнымъ, и датскій ученый нѣсколько затѣмнилъ омытъ страннымъ объясненіемъ, какое онъ пытался ему дать. — Нѣсколько дней спустя это важное открытіе было довершено Амперомъ, давшимъ точное объясненіе всей обстановкѣ опыта: онъ первый создалъ определенное понятіе объ электрическомъ токѣ, давая ему направленіе и устанавливая знаменитое правило, состоящее въ томъ, что свѣрный полюсъ всегда отклоняется влѣво отъ тока; наука обогащается новой областью — *электромагнитизмомъ*. Съ тѣхъ поръ Амперъ посвящаетъ всѣ силы изученію электромагнитизма, принося все новыя и новыя открытія въ академическія засѣданія. Быстро слѣдовали другъ за другомъ его сообщенія о дѣйствіи токовъ на магниты, о направляющемъ дѣйствіи зенитаго магнетизма на подвижной токъ, о дѣйствіи токовъ на токъ,—сообщенія, складывавшіяся въ новую часть науки—*электродинамику* и устанавливавшая въ концѣ-концовъ полное тождество токовъ и магнитовъ.—Въ теченіе нѣсколькихъ недѣль въ физикѣ произошло истинный переворотъ: магнитизмъ, который до того времени считали силой, отличной отъ электричества, пересталъ считаться таковымъ; магнитныя свойства, приписывавшіеся исключительно желѣзу и стали, оказались общими всякаго рода проводникамъ, причемъ Амперъ указалъ, что проводникъ долженъ имѣть нѣкую форму для того, чтобы пріобрѣсти свойства настоящаго магнита, именно форму электродинамическаго цилиндра, или соленоида, т. е. спирали, состоящей изъ параллельныхъ оборотовъ; когда по этой спирали проходитъ токъ, концы ея становятся разноименными полюсами; будучи подвижнаю оводило, она поворачивается однимъ концемъ на свѣрь,—словомъ, пока по ней пробѣгаетъ токъ, она ничѣмъ не отличается отъ настоящаго магнита“.

\*) Подъ катушкой здѣсь разумѣется, собственно *обмотка катушки*.

\*\*) Съ шалковой, гуттаперчевой, эбонитовой и т. п. нитью вышеописанныхъ опытовъ произвести нельзя. Шелкъ, гуттаперча и нитъ подобныя не проводятъ электрическаго тока, т. е. намагничивающаго свойства, присущаго элементу. Поэтому всѣ проволоки, употребляемыя при опытахъ, покрываются однимъ изъ этихъ, такъ называемыхъ, уединяющихъ (изолярующихъ) веществъ. Только при такомъ изолированіи проволоки, сосѣдніе обороты послѣдней въ катушкѣ могутъ касаться другъ друга безъ ущерба для дѣла: токъ вынуждается идти по проволоки, чего не было бы въ случаѣ неуединенной проволоки, такъ какъ токъ рѣдъ непосредственно прилегающихъ другъ къ другу оборотовъ обратился бы въ настоящій металлическій футляръ или *пластинку*, свойства которой весьма отличны отъ свойствъ соленоида.

вслѣдствіе этого, обращается въ магнитъ, линія силы котораго располагаются въ окружающемъ пространствѣ, захватывающемъ и катушку В. Возникновеніе



Фиг. 88.—„Чѣмъ объяснить,—спрашивалъ себя Амперъ, когда Араго поднесъ къ магнитной стрѣлкѣ два ключа“...

этого поля,—произведенное имъ магнитное движеніе,—наводитъ магнитное поле на всемъ протяженіи проволоки катушки В. Въ этомъ убѣждаетъ насъ откло-



неніе указательной стрѣлки а по извѣстному направленію. Но въ то мгновеніе, когда, вѣтвь камертона, возвращаясь направо, перестаетъ касаться проволоки F, цѣпь элемента размыкается, катушка B теряетъ свои магнитныя свойства, линіи силы ея поля исчезаютъ: отсюда—наведеніе новаго поля вдоль проволоки катушки B. На этотъ разъ стрѣлка а отклоняется уже по обратному съ прежнимъ направленіемъ. Новое колебаніе камертона D произведетъ новое магнитное колебаніе вдоль проволоки катушки B. Словомъ, магнитная среда, окружающая проволоку катушки B, будетъ колебаться съ тѣмъ же ритмомъ, что и камертонъ. Еслибы періодъ колебанія камертона былъ достаточно коротокъ для того, чтобы камертонъ могъ издавать звукъ, и магнитныя колебанія вокругъ проволоки B получались въ болѣе или менѣе видоизмѣненномъ телефонѣ Беллы, то упругая пластинка у послѣдняго, какъ обстоятельно объяснено въ предыдущей главѣ, колебалась бы и воспроизводила бы звукъ камертона. Пріемникъ, какъ намъ извѣстно, обладаетъ способностью превращать вѣсныя колебанія магнитной среды въ колебанія звуковыя,—говорить подъ вліяніемъ магнитнаго движенія.

Фиг. 89.—Индукціонная катушка: B'—индуктирующая (наводящая), B—индуктируемая (наводимая) катушки.

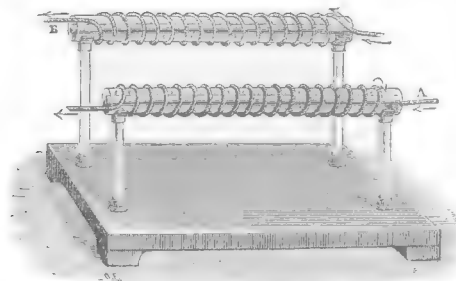
Магнитъ съ элементомъ, или катушку B' часто называютъ *индуктирующей* (или *наводящей*), а катушку B—*индуктируемой* (или *наводимой*); обѣ вмѣстѣ составляютъ *индукціонную катушку*. Соединяя концы проволоки какой-нибудь катушки съ концами свободной проволоки, мы замыкаемъ цѣпь этой катушки. Разумѣется, что длина и расположеніе замыкающей проволоки не играютъ при этомъ никакой роли.

Цѣпь наводящей катушки B' называется *первичной*, цѣпь катушки B—*вторичной* цѣпью. Поле, наведенное вокругъ вторичной цѣпи, можно значительно усилить, помѣщая внутри наводящей катушки желѣзный брусокъ или пучекъ желѣзныхъ проволокъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга расплавленными гумма-лакомъ. Причину этого легко будетъ понять изъ нижеслѣдующаго. Араго \*) открылъ, что стальная стрѣлка, помѣщенная перпендикулярно къ проводокъ, введенной въ цѣпь элемента, становится магнитомъ. Амперъ замѣтилъ, что гораздо легче приготовить магнитъ, вводя стальной брусокъ въ соленоидъ. (Желѣзный брусокъ при этомъ намагничивается лишь на то время, пока онъ находится въ соленоидѣ). Со времени Ампера стальные стержни или полосы намагничиваются слѣдующимъ образомъ: кусокъ стали помѣщается внутри стеклянной трубы, на которую намотана покрытая шелкомъ проволока, и по послѣдней пропускается сильный токъ. Этимъ-то быстрымъ и удобнымъ способомъ протоволяются въ настоящее время искусственные магниты.

На фигурѣ 90 представлены двѣ намагничивающія спирали съ противо-

\*) Доминикъ-Франсуа Араго, род. 26-го февраля 1786 г., въ Эстажаѣ (Восточныя Пиренеи), умеръ въ Парижѣ 2-го окт. 1853 г., 28-хъ лѣтъ былъ избранъ въ члены академіи наукъ; былъ профессоромъ Политехнической школы и директоромъ Парижской обсерваторіи.

положными по направленію навитками. Найдемъ, гдѣ долженъ находиться сѣверный полюсъ у стержня, намагниченнаго въ спирали А. Для этого стоитъ



Фиг. 90.—Приготовление искусственныхъ магнитовъ.

рой спирали онъ находится, наоборотъ, на концѣ В.

Стержень изъ мягкаго желѣза, помѣщенный внутри спирали или катушки, называется „электромагнитомъ“, т. е. магнитомъ, получаемымъ при дѣйствіи электрическаго тока \*).

Вернемся къ нашей индукціонной катушкѣ и посмотримъ, что происходитъ въ ней. Намагничивая наводящую катушку, элементъ въ то же время намагничиваетъ и мягкое желѣзо. Катушка В должна повиноваться такимъ образомъ не только колебаніямъ поля наводящей катушки В', но и колебаніямъ поля намагниченнаго мягкаго желѣза, причемъ сочетанное дѣйствіе того и другого поля должно сильнѣе вліять на магнитную среду, окружающую вторичную проволоку,—наводитъ въ ней болѣе сильное поле, нежели въ случаѣ одной наводящей катушки. Сила индукціонной катушки будетъ также зависеть отъ числа оборотовъ проволоки въ катушкѣ В' и В и отъ разстоянія между обмотки катушекъ. Такимъ образомъ строитель катушки располагаетъ извѣстнымъ выборомъ средствъ для приданія аппарату той или иной силы; онъ можетъ выбрать подходящей силы элементъ для наводящей катушки, извѣстную длину обмотки катушекъ В и В', а также то или иное число желѣзныхъ проволокъ, образующихъ ядро наводящей катушки; при надлежащемъ расчетѣ, онъ можетъ вызвать магнитное движеніе во вторичной цѣпи какой угодно длины.

Въ томъ-то и состоитъ неоцѣнимое преимущество *телефона съ элементомъ*, что онъ позволяетъ вести разговоръ на какомъ угодно большомъ разстояніи, чего не достигается при *телефонѣ съ магнитомъ* въ собственномъ смыслѣ, гдѣ вся сила аппарата зависитъ отъ слабыхъ движеній тонкой желѣзной пластинки колеблющейся въ полѣ магнита.

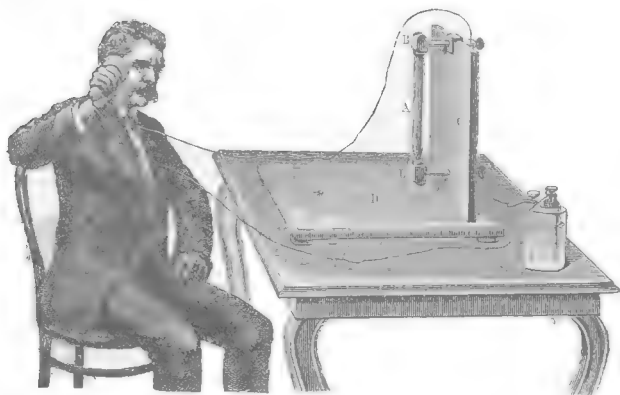
Итакъ, пользуясь индукціонной катушкой, мы въ состояніи передавать колебанія камертона D въ магнитный приемникъ, введенный во вторичную цѣпь, на какомъ бы разстояніи послѣдній ни находился. Но это относится не только.

\*) Вотъ какъ Корнъ, въ вышеуказанной рѣчи, характеризуетъ роль открытія электромагнита въ наукѣ и въ практической жизни: „Нѣтъ такого открытія, со времени изобрѣтенія книгопечатанія, которое могло бы, по важности своей, сравниться съ открытіемъ электромагнита: послѣдній является душой всѣхъ приложеній электричества, всѣхъ достигнутыхъ въ этой области успѣховъ. Если мы сдѣлали электричество своимъ вѣрнымъ и быстрымъ гонимомъ, если, благодаря этой силѣ, телеграфъ, телефонъ и удивительныя, по своему огромному дѣйствію, машины оказываютъ намъ столь необыкновенныя и разнообразныя услуги; если отъ конца въ конецъ земного шара мы можемъ передавать мысль, самую рѣчь, свѣтъ и слухъ,—то *всѣмъ этимъ мы обязаны электромагниту, т. е., въ сущности, соленному Амперу*; его мы неизвѣстно встречаемъ всюду, гдѣ совершается какое-либо изъ этихъ чудесъ.“

къ звуку камертона, но и къ самому голосу человеческому, къ самой рѣчи. Это трудное дѣло осуществляется замѣною камертона **микрофономъ**.

Понятъ дѣйствіе микрофона будетъ намъ весьма нетрудно. Обратимся къ фигурамъ 89. Для того, чтобы произошло измѣненіе въ магнитномъ полѣ наводящей катушки и ея желѣзнаго ядра, нѣтъ необходимости, чтобы цѣпь элемента была явно прервана,—для этого, какъ замѣтилъ *Дю-Монсель* въ 1856 г., достаточно уже одного измѣненія въ характерѣ соприкосновенія между двумя смежными отдѣлами цѣпи, въ нашемъ случаѣ — между D и F. Лишь только измѣняется то давленіе, какое оказываютъ другъ на друга части D и F, тотчасъ же измѣняется и наводящее поле катушки B', результатомъ чего является наведенное поле вдоль вторичной цѣпи. Подобныя измѣненія легко получаются, какъ показалъ *Клерк* въ 1865 г., при помощи введеннаго въ цѣпь угольнаго цилиндрика, который снабженъ винтомъ, позволяющимъ сжать этотъ цилиндрикъ больше или меньше. При этомъ замѣчается, что сжатіе угля и освобожденіе его отъ сжатія производятъ отклоненіе помѣщенной вблизи цѣпи магнитной стрѣлки въ противоположныя стороны. Въ 1876 г. *Эдисонъ* примѣняетъ идею подобнаго цилиндрика къ устройству телефоннаго передатчика: между діафрагмой, предъ которой говорятъ (эта пластинка, какъ въ телефонѣ Белля, расположена на двѣ амбюшюра съ широкимъ отверстіемъ), и угольнымъ кружкомъ, замѣняющимъ камертонъ D, *Эдисонъ* помѣщаетъ пуговку изъ слоновой кости (или платиновую), прижимающуюся одновременно къ упругой пластинкѣ и къ углю. Всякое перемѣщеніе діафрагмы въ сторону угольнаго кружка при посредствѣ пуговки увеличиваетъ сжатіе угля, а движеніе въ противоположную сторону уменьшаетъ его. Эти измѣненія давленія, совпадающія по ритму съ звуковыми волнами, отъ которыхъ эти измѣненія происходятъ, достаточны для того, чтобы индукционная катушка дѣйствовала, а слѣдовательно, и для того, чтобы пріемникъ говорилъ. Въ томъ же году *Юзъ*\*) предложилъ другой, гораздо лучшій и вошедшій во всеобщее употребленіе, способъ измѣненія соприкосновенія между смежными частями первичной цѣпи. Передатчики, устроенные по этому способу, носятъ названіе „микрофонныхъ передатчиковъ“, такъ какъ всѣмъ они устроены по идеѣ **микрофона Юза**, который мы сейчасъ опишемъ.

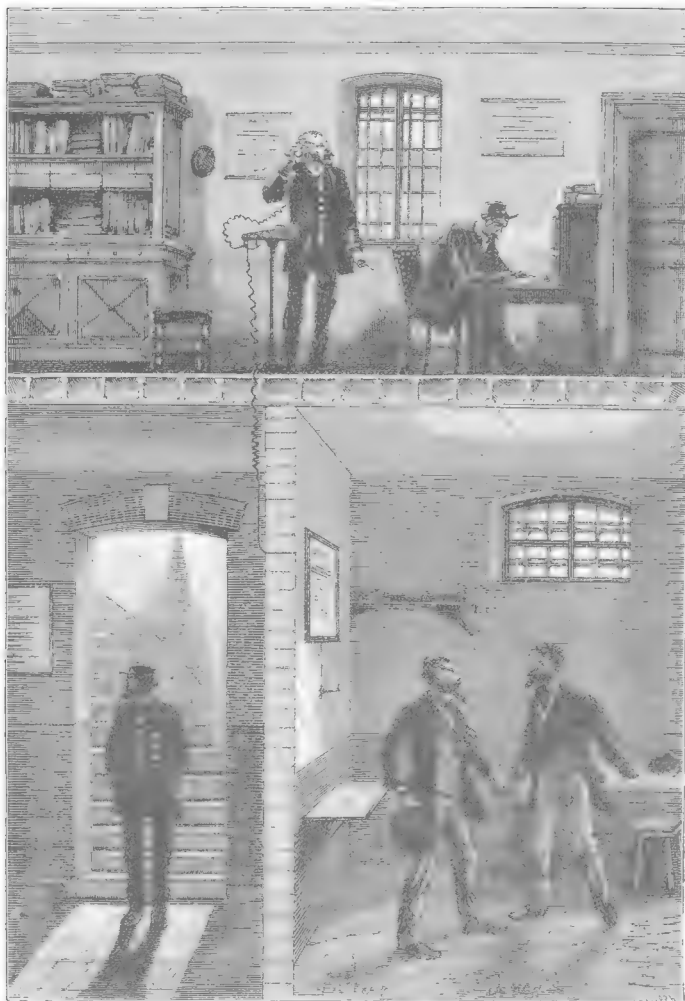
Угольный стержень A, заостренный на концахъ (фиг. 91), прижимается къ двумъ



Фиг. 91.—Юзъ и его микрофонъ.

\*) Д. Е. Юзъ род. въ Лондонѣ въ 1833 г., изобрѣтатель печатающаго телеграфа.

кусочкамъ угля ВВ, укрѣпленнымъ на дощечкѣ С. Эта дощечка сама укрѣплена вертикально на другой дощечкѣ D, установленной на столѣ на резиновыхъ под-

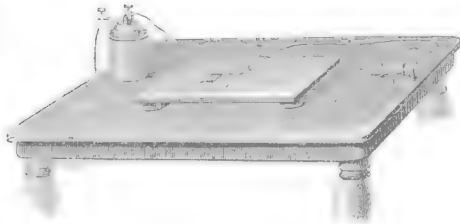


Фиг. 92.—„Хьюзское ухо“, или „таблица-микрофонъ“, при помощи котораго въ Нью-Йоркѣ были открыты виновники одного преступленія.

кладкахъ, устраняющихъ передачу микрофону колебаній стола. Если ввести этотъ микрофонъ въ первичную цѣпь индукціонной катушки, то въ приемникѣ

мы услышимъ всё звуки, доносящіяся до микрофона. Звуковыя волны, измѣняя соприкосновеніе угольнаго етержня съ поддерживающими его кусочками угля, наводятъ магнитныя колебанія, переносящія эти же звуковыя волны туда, гдѣ помѣщается приемникъ.

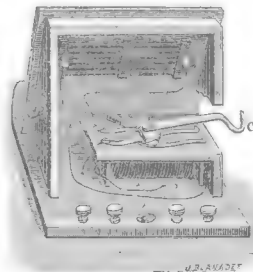
На фигурѣ 91 индукціонной катушки нѣтъ. Дѣйствительно, опытъ удается и въ томъ случаѣ, когда имѣется только одна цѣпь, въ которую вводятся и микрофонъ, и приемный телефонъ, но при употребленіи индукціонной катушки несомнѣнно достигается значительно лучшая передача. Когда муха прогуливается по подставкѣ микрофона, въ телефонѣ слышится какъ бы „топотъ лошади“; „становится слышимымъ“, — по словамъ Юза, — даже крикъ мухи, особенно ея предсмертный крикъ; отчетливо передается телефономъ малѣйшее треніе о подставку, производимое бородкой пера, шумъ совершенно не доступный новооруженному уху \*). Вотъ чему приборъ Юза обязанъ своимъ названіемъ *микрофона*: онъ позволяетъ ясно слышать въ телефонѣ самые слабые звуки — даже крикъ мухи! — Микрофонъ можетъ быть устроенъ не только при помощи угля. Доказательствомъ служить слѣдующій опытъ Юза. На дощечку (фиг. 93) кладутъ два гвоздя — 1, 2, соединивъ противоположные концы ихъ съ полюсами элемента; между однимъ полюсомъ и соединеннымъ съ нимъ гвоздемъ 2 вводятъ телефонъ, и цѣпь дополняютъ, замыкаютъ третьимъ гвоздемъ 3, положеннымъ на оба первые. Малѣйшее движеніе, сообщаемое дощечкѣ, измѣняя соприкосновеніе гвоздя 3 съ гвоздями 1 и 2, влечетъ за собой измѣненіе силы тока, которое, въ свою очередь сопровождается перемѣщеніемъ пластинки телефона Т. Положите на дощечку карманные часы, или пусть муха прогуливается по ней, — и въ телефонѣ послышится сильный шумъ. — Но при устройствѣ телефоновъ все-таки предпочитаютъ уголь, какъ вещество неокисляющееся.



Фиг. 93. — Микрофонъ съ гвоздями.

Микрофонъ можно скрыть за какай-нибудь таблицей, и провести его проволоки чрезъ стѣну въ отдаленную комнату, гдѣ будетъ слышно все, что говорится вблизи микрофона. Такой микрофонъ — таблица была экспонирована на Всемирной выставкѣ 1889 г., съ объясненіемъ къ нему, озглавленнымъ: „Хозяйское ухо“. Въ Нью-Йоркѣ это „ухо“ уже сослужило важную службу суду, который, благодаря ему, открылъ виновниковъ одного преступленія. Заподозрѣнныхъ умышленно оставили въ одной комнатѣ, гдѣ былъ скрытъ микрофонъ, соединенный съ телефономъ, находившимся въ конторѣ смотрителя тюрьмы. Последний, такимъ образомъ, имѣлъ возможность подслушать и тутъ же записать разговоръ, который вели между собой арестанты.

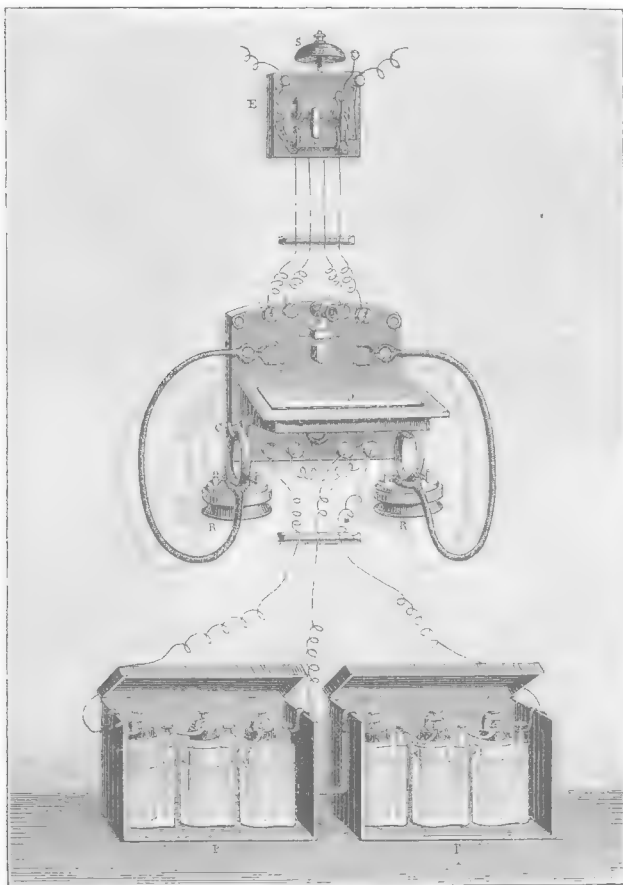
Микрофонныя передатчики, употребляющіеся въ практикѣ, нѣсколько сложнее вышеописанныхъ. Скажемъ сначала о *передатчикѣ Адера*, наиболѣе употребительномъ во Франціи.



Фиг. 94. — Внутреннее устройство передатчика Адера.

\*) Дн-Монсаль, *Микрофонъ*, 1883 г.

Внутреннее устройство его видно изъ фиг. 94, а наружный видъ и подробности расположенія частей—изъ фиг. 95. Подъ тоненькой еловой дощечкой—D, наклоненной на подобіе крышки пюпитра, расположено двѣнадцать микрофоновъ Юза ММ. Концы этихъ двѣнадцати угольных стерженьковъ прикасаются къ тремъ



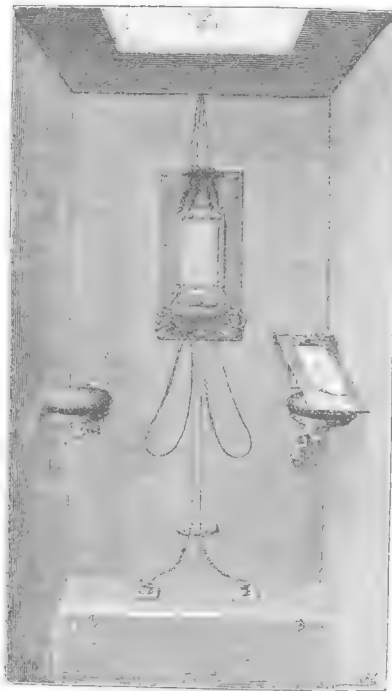
Фиг. 95.—Телефонъ Адера: аппаратъ, предназначенный для подписчика.

тоже угольнымъ брускамъ  $A_1, A_2, A_3$ , прикрѣпленнымъ къ дощечкѣ D въ поперечномъ относительно стерженьковъ направленіи. Въ  $m$  и  $n$  соединены съ приборомъ концы первичной обмотки  $ff$  индукціонной катушки B, которая, какъ всегда, соединена съ элементомъ — лучше сказать, съ батареей изъ элементовъ, т. е. съ группой элементовъ, соединенныхъ тѣмъ или инымъ способомъ. Провода вторичной цѣпи направляются къ приемному телефону. На крючки,

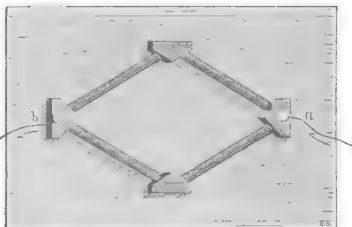
придѣланные къ юпитру справа и слѣва, вѣшаются два приемника — для праваго и лѣваго уха. Правый крючекъ представляетъ одну особенность, которую необходимо знать. Благодаря извѣстному механизму, представленному на рисункѣ (фиг. 94), но интересному только для строителя телефона, крючекъ С, когда на него вѣшаютъ приемникъ, опускается и прерываетъ первичную цѣпь, вслѣдствіе чего приборъ перестаетъ дѣйствовать; по снятіи приемника, пружина поднимаетъ крючокъ, цѣпь чрезъ это замыкается, и передатчикъ опять начинаетъ дѣйствовать. Многие обладатели передатчика Адера, не зная этой особенности, испытываютъ немалое затрудненіе при обращеніи съ приборомъ.

Раньше Адера Кросслей устроилъ передатчикъ, отличающійся отъ передатчика Адера только числомъ и расположеніемъ угольныхъ стерженьковъ (фиг. 97), — именно, въ его приборѣ ихъ только четыре и расположены они въ видѣ ромба, образуя восемь пунктовъ соприкосновенія; въ передатчикѣ Адера такихъ пунктовъ какъ извѣстно, двадцать четыре.

Почему подобные передатчики не расположены вертикально? Казалось бы, гораздо удобнѣе говорить предъ вертикальной дощечкой, помѣщенной въ уровень со ртомъ, нежели наклоняться надъ юпитромъ. Но дѣло въ томъ, что при вертикальномъ положеніи стерженьковъ приборъ дѣйствуетъ плохо; это объясняется слишкомъ свободнымъ въ этомъ случаѣ скольженіемъ верхнихъ концовъ стерженьковъ около своей опоры, что влечетъ за собой чрезмѣрные и безпорядочныя перемѣщенія послѣднихъ, отзываются непріятнымъ шумомъ въ приемникѣ. При горизонтальномъ же расположеніи стерженьковъ это неудобство устраняется собственною тяжестью послѣднихъ, регулирующей ихъ движенія и обеспечивающей надлежащее соприкосновеніе. Тѣмъ не менѣе, можно придать дощечкѣ и вертикальное положеніе, воспользовавшись какою-либо иною силою,



Фиг. 96.—Телефонъ д'Арсоныаля: аппаратъ для сообщеній между парижской и марсельской биржами.



Фиг. 97.—Микрофонный передатчикъ Кросслея.

играющей одинаковую роль съ силою тяжести; такъ, напр., можно воспользо-ваться надлежащимъ образомъ устроенными пружинами или давленіемъ жидко-стей, напр. ртути, на соприкасающіяся тѣла. Остроумно разрѣшена эта задача *Полемъ Бертомъ и д'Арсоналемъ* при помощи слѣдующаго простаго приспособленія. Средняя часть каждаго стерженька окружается жестиною оболочкой, а вблизи прибора помѣщается магнитъ. Послѣдній, притягивая жестяныя оболочки, тѣмъ самымъ способствуетъ болѣе тѣсному соприкосновенію стерженьковъ съ поддер-живающими ихъ брусками. Измѣняя положеніе регулирующаго магнита, легко измѣнять степень подвижности стерженьковъ, а чрезъ это и чувствительность прибора. Именно этотъ передатчикъ, называемый *передатчикомъ съ магнитной регуляціей* и употребляется въ телефонахъ, служащихъ для передачи на боль-шое разстояніе, напр. для телефонныхъ сообщеній между парижской и марсель-ской биржами (фиг. 96). Для центральныхъ станцій, назначенія которыхъ—соеди-нять между собой абонентовъ, живущихъ въ одномъ и томъ же городѣ, при-нять *передатчикъ Бертона*. Этотъ приборъ (фиг. 98) состоитъ изъ двухъ угольныхъ кружковъ А и В, имѣющихъ около  $1\frac{1}{2}$  миллиметра толщины и 6 сантиметровъ, въ діаметрѣ \*) и отдѣленныхъ другъ отъ друга резиновымъ колечкомъ С. Меж-ду кружками находится чашечка D, высотой меньше, нежели колечко, наполнен-ная мелко-раздробленнымъ коксомъ, который при наклоненіи прибора прихо-дитъ въ соприкосновеніе съ кружкомъ А. Все это укрѣплено въ эбонитовомъ ящикѣ E, въ нижней части котораго продѣланы отверстія. Кружокъ В отдѣляется отъ дна этого ящика резиновымъ кольцомъ H. Понятно, что при различной степени наклоненія прибора, со-прикосновеніе между зернами кокса и кружкомъ А бу-детъ неодинаково тѣсно; такимъ образомъ чувстви-тельность прибора регулируется степенью наклоненія его; наилучшее дѣйствіе достигается при наклоненіи подъ угломъ  $45^{\circ}$ — $55^{\circ}$ . На рисункѣ (фиг. 98) виденъ передат-чикъ Бертона, соединенный помощью металлической ручки съ приемникомъ Адера А. Форма ручки такова, что приемникъ самъ собою прикладывается къ уху при приближеніи ко рту передатчика.



Фиг. 98.—Передатчикъ Бер-тона-Адера.

Есть превосходно дѣйствующие микрофоны съ кон-тактомъ (соприкосновеніемъ) въ одномъ только мѣстѣ. Изъ нихъ мы опишемъ *микрофонъ Эдиссона*, устроен-ный имъ въ 1878 г.,— не потому, чтобы онъ имѣлъ какое-нибудь преимущество предъ другими, но пото-му, что мы употребимъ его въ опытѣ *телефонографіи*, о которой у насъ скоро будетъ рѣчь. Этотъ приборъ, представленный здѣсь на фигурѣ 100, слѣдующимъ об-разомъ описанъ въ американскомъ *Телефрафномъ Журналѣ*:

„Передатчикъ укрѣпленъ въ четырехугольномъ ящикѣ съ незначительно выступавшимъ амбушуромъ. Слюдяная діафрагма D укрѣплена при помощи рамки и металлической пружины, помѣщающихся въ крышкѣ ящика. Къ центру діафрагмы при помощи металлической гайки B, соединенной съ однимъ изъ полюсовъ батареи, прикрѣпленъ эбонитовый наугольникъ CC', въ которомъ про-тивъ гайки сдѣлано углубленіе для одного конца угольнаго стерженька FG. Ко-нецъ F покрытъ мѣдью, а конецъ G прикасается къ платиновой пружинѣ H, прикрѣпленной къ концу C' эбонитоваго наугольника. На свободномъ концѣ этой пружины находится тяжесть I. Давленіе пружины регулируется винтомъ J“.

Повторяемъ еще разъ, что микрофонный передатчикъ здѣсь, какъ всегда, вво-дится въ первичную цѣпь индукціонной катушки, соединенной съ элементомъ,

\*) 1 сантиметръ=10 миллиметровъ=4 линіи (см. прилж. къ стр. 29).

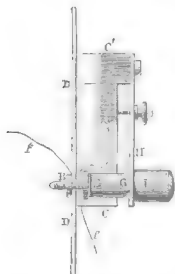




Фиг. 99.—„Магнитныя колебанія чрезъ тѣло первыхъ двухъ лицъ передаются узу слушающаго“...

а катушка приемника составляет, наоборотъ, часть вторичной цѣпи той же индукционной катушки.

Можетъ ли микрофонный передатчикъ употребляться въ качествѣ приемника, можетъ ли онъ подѣ влияніемъ сообщенныхъ ему магнитныхъ колебаній воспроизводить рѣчь, — другими словами, обладаетъ ли онъ свойствомъ оборотности, подобно магнитному телефону, который можетъ безразлично передавать или воспроизводить рѣчь? Опытъ отвѣчаетъ на этотъ вопросъ утвердительно, но микрофонъ вообще слабый и весьма капризный говоритъ, — говоритъ куда ему хочется... По этой причинѣ оборотность микрофона остается безъ практическаго приложения и представляетъ лишь теоретическій интересъ.



Фиг. 100.—Микрофонный передатчикъ Эдисона.

Замѣтимъ, что всякое тѣло, при надлежащемъ расположеніи, можетъ служить приемникомъ. Приведемъ по этому поводу весьма любопытный опытъ, слѣдующимъ образомъ описанный въ *Телефонъ* Дю-Монселя: „Два чело-вѣка берутъ каждый въ одну руку по одной изъ двухъ проволоку, идущихъ отъ передатчика, затѣмъ каждый палецъ прикладываетъ пальецъ свободной руки къ уху третьяго, причемъ необходимо, чтобы рука, приложенная къ проволоку, была голая, а свободная рука — въ перчаткѣ. Тогда это третье лицо можетъ отчетливо слышать все, что поютъ или говорятъ предъ передатчикомъ (фиг. 99). Въ этомъ опытѣ магнитныя колебанія чрезъ тѣло первыхъ двухъ лицъ передаются уху слушающаго лица, которое, такимъ образомъ, является приемникомъ, между тѣмъ какъ слуховыя косточки, соприкасающіяся между собой, играютъ роль настоящаго микрофона“.

Существуетъ другой, также весьма интересный опытъ. Тутъ передаточный телефонъ не приближаютъ ко рту, а просто прикладываютъ къ какой-нибудь части своего тѣла, въ содѣйствіе съ грудью. „Было высказано утверждение, — говоритъ Дю-Монсель, — что безразлично, къ какой части тѣла приложить телефонъ; но мнѣ лично удавалось передавать свою рѣчь, даже сквозь платье, только въ томъ случаѣ, когда я прикладывалъ телефонъ плотно къ груди, и при томъ говорилъ очень громко. Отсюда возникаетъ предположеніе, что все чело-вѣческое тѣло принимаетъ участіе въ произведенныхъ голосомъ колебаніяхъ, которые, такимъ образомъ, передаются пластинкѣ передаточнаго телефона уже не чрезъ воздухъ, а чрезъ само тѣло“.

Не менѣе замѣчательная особенность телефонной передачи обнаруживается изъ слѣдующаго. Если положить телефонъ, футляромъ, на карманные часы, то бой послѣднихъ слышится необыкновенно громко; при помощи телефона, приложеннаго къ землѣ, мы можемъ отчетливо слышать, какъ гдѣ-нибудь вдали пробѣгаетъ карета, проходить желѣзнодорожный поѣздъ или илутъ войска.

Дѣйствіе микрофона истолковывается до сихъ поръ различными учеными весьма различнымъ образомъ. По мнѣнію Юза, измѣненія контактовъ происходятъ въ слѣдствіе измѣненій, производимыхъ звуковыми волнами въ колебаніяхъ, сообщающихся электрическимъ токомъ молекуламъ микрофона. Берлинеръ приписываетъ ихъ измѣненіямъ въ толщинѣ слоя того воздуха, который находится между различными соприкасающимися тѣлами; участіемъ воздуха можетъ быть объяснено то, почему хорошими микрофонами служатъ именно уголь и вообще порошокъ кобальтныя вещества. По мнѣнію другихъ, измѣненія контактовъ происходятъ въ слѣдствіе измѣненій длины, напряженности и формы искорокъ, пробѣгающихъ между шероховатыми микрофонныхъ контактовъ.

Юзъ объясняетъ дѣйствіе микрофона также предполагаемымъ имъ общимъ свойствомъ всякой цѣпи — издавать звукъ подѣ влияніемъ колебательнаго магнитнаго поля. Однако, существуетъ другое мнѣніе, по которому звуковыя вол-

ны происходят благодаря измѣненію температуры контактовъ, а чрезъ это и окружающаго воздуха, подъ вліяніемъ магнитныхъ колебаній: при повышеніи температуры воздуха, послѣдній разрѣжается, при пониженіи ея — сгущается; эти-то послѣдовательныя сгущенія и разрѣженія, передаваясь отъ частицы къ частицѣ, и производятъ звуковыя волны.

Излишне объяснять, что, введя приемникъ на пути телефонной проволоки между двумя станціями, въ то время, когда два лица переговариваются, можно



Фиг. 101.— „Сидячее отдѣленіе“, открытое на телефонной станціи на аллѣи Оперы 1-го января 1890 г.

прекрасно слышать этотъ разговоръ. Для этого даже нѣтъ надобности перерѣзывать проволоку и концы соединять съ вводимымъ магнитнымъ приемникомъ, — достаточно привести въ соприкосновеніе обѣ проволоки этого приемника съ телефонной линіей въ двухъ какихъ-либо точкахъ, или, выражаясь технически, помѣстить приемникъ въ „отводѣ“ отъ телефонной линіи.

Нерѣдко телефонная линія бываетъ нескромна — сообщаетъ то, что передается черезъ сосѣднія линіи. Объясняется это тѣмъ, что послѣднія по отношенію къ первой играютъ въ этомъ случаѣ ту же роль, что наводящая катушка

но отношенію къ наводимой,—словомъ, между сосѣдними линіями нерѣдко происходитъ взаимная индукція, что непріятно подчасъ мѣшаетъ разговору.

Иногда подъ влияніемъ телефонной линіи начинаютъ говорить различныя части того зданія, надъ которымъ линія проведена. Приведемъ по этому поводу сообщеніе начальника Люневильскаго инженернаго батальона, Крепѣ, сдѣланное въ Обществѣ поощренія національной промышленности 18-го юня 1879 г.

„Въ Люневилѣ, въ числѣ прочихъ телефонныхъ линій, есть одна, имѣющая довольно первобытное устройство. Проволока, больше линіи толщиной и очень натянутая, прикрѣпляется къ столбу надъ крышей амбара, а на разстояніи двухъ футовъ вплотную обходитъ подъ тупымъ угломъ футляръ кирпичной трубы, принадлежащей сосѣднему зданію. Труба эта соответствуетъ печи одной изъ комнатъ, находящейся въ первомъ этажѣ. Когда переговариваются по этому телефону, то рѣчь воспроизводится не только приемникомъ,—который, надо замѣтить, приходится подносить къ самому уху,—но страннымъ образомъ при этомъ *начинаетъ говорить и труба*, къ которой прилегаетъ проволока, и *лечь*; человекъ лежащій въ упомянутой комнатѣ, слышитъ все, что *передается по проволоке*, лучше, нежели лица, вооруженные приемниками. Все это не замѣнилось и тогда, когда проволока была уединена отъ трубы при помощи стеклянныхъ пластинокъ.

Подобное же явленіе повторяется и на наиболѣе удаленной станціи, находящейся въ разстояніи около 100 сажень. Тутъ подземная часть проволоки сопровождается цинковою водосточною трубу, развѣтвленія которой переходятъ въ каменные желоба: въ этомъ случаѣ *говорятъ камни*. Мнѣ приходилось слышать, что способностью говорить обладаетъ всякая точка соприкосновенія на пути телефонной линіи; такъ, если нѣсколько оборотовъ проволоки завязать на вбитый въ стѣну гвоздь, то образовавшійся при этомъ *узелъ начнетъ говорить*. Весьма вѣроятно, поэтому, что описанное мною явленіе происходитъ именно въблизи подобныхъ точекъ прилеганія, соприкосновенія“.

Можно допустить, что описанное явленіе однородно съ тѣмъ, которое обнаруживается при употребленіи микрофона въ качествѣ приемника: въ первомъ случаѣ оно происходитъ въ точкахъ соприкосновенія проволоки съ предметами, ее поддерживающими,—во второмъ,—въ мѣстахъ соприкосновенія углей. Передача же колебаній, возникающихъ въ мѣстахъ прикосновенія проволоки, различнымъ частямъ зданія есть явленіе простой передачи молекулярнаго колебательнаго движенія, которую мы разсмотрѣли, говоря объ игрушечномъ телефонѣ и объ опытѣ проф. Липмана (фиг. 56). Но тѣмъ не менѣе, подобное явленіе покажется совершенно непонятнымъ, сверхестественнымъ большей части простого деревенскаго люда. Легко представить себѣ тотъ ужасъ, который долженъ охватить обитателей какого-нибудь уединеннаго хутора, когда среди темной зимней ночи вдругъ *заговоритъ печь, заговоритъ труба*, къ которой гдѣ-нибудь прилегаetъ телефонная проволока.

На нашихъ рисункахъ представлено общее расположеніе телефоннаго аппарата, предназначеннаго для подписчика (фиг. 95) и два различныхъ аппарата на центральной станціи на аллеѣ Оперы (фигг. 101 и 102 \*).

Теперь мы объяснимъ, какимъ образомъ устанавливается сообщеніе между двумя подписчиками, что для этого должны дѣлать—подписчики у себя и телефонисты на станціи. Телефонисты помѣщаются, всѣ въ рядъ, передъ деревянной перегородкой, вышиной около сажени. Каждый изъ нихъ корреспондируетъ съ пятьюдесятью подписчиками. Къ перегородкѣ прикрѣплены двѣ рамки: въ одной расположено пятьдесятъ „сигнальщикѣвъ“, т.-е. мѣдныхъ, удерживаемыхъ на шарнирахъ, пластинокъ, падающихъ, когда подписчикъ нажимаетъ у себя вызывную пуговку,—въ другой, находящейся ниже первой,—столько же отверстій называемыхъ „соединителями, коммутаторами или штепсельными гѣздами“.

\*) Аппаратъ, представленный на фигурѣ 102, предназначенъ исключительно для сообщеній съ биржей.

Посредствомъ вкладыванія штепселя (металлической пробки) въ соответствующее отверстіе устанавливается сообщеніе между телефонистомъ и вызывающимъ подписчикомъ. Наконецъ, подъ этой рамкой расположены другіе соединители, или коммутаторы, для соединенія одного телефониста съ другими, работающими на той же или другой парижской станціи.

Описанная система образуетъ то, что называютъ „группой“. На каждой станціи, смотря по важности послѣдней, имѣется отъ двадцати до пятидесяти группъ.

Соединенія бываютъ трехъ родовъ: или требуется соединить двухъ подписчиковъ, принадлежащихъ къ одной и той же группѣ, что бываетъ очень рѣдко,—въ томъ случаѣ, когда подписчики живутъ весьма близко другъ отъ друга; или подписчикъ желаетъ говорить съ лицомъ, принадлежащимъ къ другой группѣ, но къ той же станціи; или, наконецъ, абонентъ переговаривается съ лицомъ, принадлежащимъ къ другой станціи.

Въ первомъ случаѣ, соединеніе производится телефонистомъ весьма быстро,—слѣдующимъ образомъ: онъ вставляетъ штепсель въ коммутаторъ вызывающаго подписчика и, такимъ образомъ, соединивъ себя съ послѣднимъ, слушаетъ его и отвѣчаетъ при помощи описаннаго нами Бертонъ-Адеровскаго приемника; получивъ отвѣтъ отъ подписчика (который говоритъ предъ дощечкой D своего микрофоннаго пюпитра (фиг. 95), а слушаетъ при помощи приемниковъ R, R, снятыхъ съ крючковъ C, C), телефонистъ даетъ сигналъ вызываемому подписчику, приведя въ дѣйствіе звонокъ ES у послѣдняго; затѣмъ при помощи надлежащаго вкладыванія штепселей соединяетъ себя съ нимъ, перваго подписчика со вторымъ и, наконецъ, посредствомъ специальныхъ соединителей устанавливаетъ непосредственное сообщеніе обоихъ подписчиковъ со станціей, такъ что, переговариваясь между собой, они могутъ вмѣстѣ съ тѣмъ вызывать, въ случаѣ надобности, и телефонию.

Во второмъ случаѣ, телефонистъ, обязанный знать подписчиковъ *всѣхъ группъ своей станціи*, получивъ сигналъ, уведомляетъ телефониста той группы, къ которой принадлежитъ вызываемое лицо, что съ такимъ-то подписчикомъ желаютъ говорить. Дѣло усложняется, когда вызываемый подписчикъ оказывается принадлежащимъ къ какой-нибудь другой станціи; тогда телефонисту приходится своситься съ послѣдней, и сигналъ по большей части обходитъ нѣсколько группъ на этой станціи. Въ это время нетерпѣливый подписчикъ непрерывно нажимаетъ у себя вызывную кнопку В (фиг. 95), воображая, что телефонистъ слышитъ, благодаря этому, оглушительный звонъ. Ничуть не бывало: при каждомъ нажатіи кнопки на станціи почти безъ всякаго шума отпадетъ сигнальная пластина, нисколько не мѣшая телефонисту заниматься „своимъ дѣломъ“. Въ РР видны въ ящикахъ элементы Лекланшѣ, которые необходимы для дѣйствія телефоннаго аппарата у подписчика.

Идеальный организаціей телефонныхъ сообщеній была бы такая, при которой въ каждомъ городѣ существовала бы только одна большая станція — для всѣхъ подписчиковъ. Къ подобному идеалу уже въ настоящее время нѣсколько приближаются американскія системы, дѣйствующія въ самой Америкѣ. Въ Пинципнати, напр., работаетъ аппаратъ, служащій для непосредственнаго соединенія 10,000 подписчиковъ, причемъ соединеніе двухъ абонентовъ производится простымъ вставленіемъ штепселя въ коммутаторъ. Но тутъ абоненты вызываютъ другъ друга не по фамиліи, а по номеру. Нумера расположены рядами по сотнямъ и тысячамъ, такъ что отысканіе ихъ не представляетъ никакого труда.

1-го января 1890 г. станція на аллѣ Оперы ввела у себя довольно важное измѣненіе въ телефонной службѣ, именно „свидѣе отдѣленіе“ (фиг. 101). На обяванности этого отдѣленія лежитъ распредѣленіе среди служащихъ на мѣстной станціи уведомленій, приходящихъ на послѣднюю съ другихъ станцій. Получивъ сигналъ отъ какой-либо станціи, телефонистъ „сидячаго отдѣленія“, нажавъ

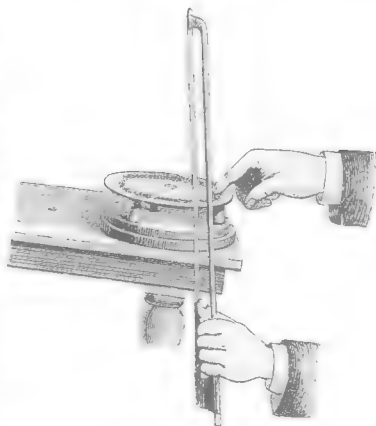


Фиг. 102. — Телефонная станція на аллеѣ Оперы: аппаратъ, предназначенный исключительно для биржи.

соответственный рычажокъ, или *клавишу*, соединяетъ себя съ однимъ изъ служащихъ въ „стоячемъ отдѣленіи“, заведующимъ какой-нибудь группой подписчиковъ, и сообщаетъ ему, при помощи Бертонъ-Адеровскаго аппарата, сигналъ вызывающей станціи, съ указаніемъ нумера и названія требуемой линіи.

Помимо этого, въ новой системѣ подъ руками каждого телефониста имѣются линіи всѣхъ другихъ станцій. Такимъ образомъ, получивъ указаніе отъ одного изъ подписчиковъ своей группы, онъ можетъ соединить его съ той станціей, къ которой принадлежитъ вызываемое лицо. До введенія же этой системы то же самое исполнялось двумя телефонистами: одинъ получалъ увѣдомленіе отъ подписчика, другой принималъ отъ перваго это увѣдомленіе и вызывалъ требуемую станцію. Въ „сидячемъ отдѣленіи“ работаетъ всего восемь телефонистовъ, и этого числа служащихъ оказывается вполне достаточно для получения вызововъ отъ всѣхъ другихъ станцій и передачи ихъ тридцати шести чело-  
вѣкамъ, занимающимся въ „стоячемъ отдѣленіи“. Отсюда — экономія въ числѣ служащихъ и упрощеніе самой службы.

Въ первое время послѣ введенія телефона предполагали, что телеграфъ какъ передатчикъ депешъ сдѣлается ненужнымъ. Однако же, каждый изъ этихъ аппаратовъ до сего времени несъ свою службу, отвѣчая различнымъ потребностямъ общества. Но если телефонъ, рассматриваемый какъ „передатчикъ голоса“, не можетъ быть замѣненъ телеграфомъ, то, наоборотъ, самъ онъ можетъ сдѣлаться превосходнымъ передатчикомъ депешъ, благодаря остроумному измѣненію въ немъ, придуманному Меркадье. Въ рукахъ Меркадье телефонъ обратился въ идеальный телеграфъ, позволяющій отправлять одновременно 16 депешъ по одной и той же проволоки.



Фиг. 108.— Круглая пластинка съ узловой окружностью, соответствующей первому ее обороту.

Этотъ аппаратъ, испытывающійся въ настоящее время на линіи Парижъ-Орлеанъ и красовавшійся на Всемирной выставкѣ 1889 г. въ секціи министерства почтъ и телеграфовъ, основанъ на слѣдующемъ началѣ.

Если при помощи обыкновенныхъ телефоновъ или „плателефоновъ“ \*) могутъ быть воспроизведены всякіе звуки, то это объясняется тѣмъ, что пластинка у приемника зажата по всему краю и потому не вольна издавать тотъ звукъ, который свойственъ ей въ естественномъ состояніи: ея частицы получаютъ способность приходить въ движеніе, подобно частицамъ воздуха, подъ вліяніемъ всякихъ звуковъ. Но если пластинка по краю свободна и подперта въ трехъ равноотстоящихъ другъ отъ друга точкахъ, лежащихъ на той узловой окружности, которая соответствуетъ первому обороту пластинки \*\*) (фиг. 108), — то изъ всѣхъ звуковъ, произведенныхъ предъ передатчикомъ, лишь этотъ первый оборотъ будетъ сильно и отчетливо воспроизведенъ въ приемникѣ со

\*) Отъ греч. словъ: *πλн* (панъ) все, *тѣле* и *φωνή*—телефоны, передающіе всевозможные звуки.

\*\*) Первый оборотъ, или первая гармоника, есть тотъ звукъ въ ряду звуковъ, издаваемыхъ пластинкой, высота котораго непосредственно слѣдуетъ за высотой самаго низкаго или основнаго тона пластинки.

свободной пластинкой; это значитъ, что такой приемникъ повиненъ не всѣмъ дошедшимъ до него магнитнымъ колебаніямъ, а только тѣмъ, которыя соответствуютъ определенной нотѣ. Если рядомъ съ этимъ приемникомъ помѣститъ другой, настроенный на какую-нибудь другую ноту, то послѣдній будетъ воспроизводить, конечно, только эту ноту. Такимъ образомъ, при помощи цѣлаго ряда подобныхъ „монотелефонныхъ“ \*) приемниковъ, звуки, производимые предъ передатчикомъ, можно разлагать на ихъ составныя части, т. е. на простые звуки, или выдѣлять данный звукъ изъ массы другихъ.

Если эти приемники настроить такимъ образомъ, чтобъ они соответственно воспроизводили ноты  $sol_1$ ,  $la_2$ ,  $si_3$  и т. д., и на передаточной станціи въ одну и ту же цѣпь ввести различные передатчики, передъ которыми помѣщены камертоны, издающіе соответственно ноты  $sol_1$ ,  $la_2$ ,  $si_3$ , ..., то телефонную линію легко обратить въ телеграфную. Вообразимъ, что лицо, работающее съ камертономъ  $sol_1$ , желаетъ передать депешу служащему, поставленному на приемной станціи у приемника  $sol_1$ . Для этого ему нужно только произвести рядъ нажатій различной продолжительности на ключъ, или металлическій стержень, благодаря чему цѣпь будетъ замыкаться и тонъ  $sol_1$  передаваться на приемную станцію въ теченіе различнаго времени, смотря по продолжительности тока. Различные опредѣленные промежутки времени, въ теченіе которыхъ въ приемникѣ будетъ слышаться нота  $sol_1$ , будутъ соответствовать различнымъ буквамъ депеши, точно такъ же, какъ различной длины черточки, написанныя посредствомъ телеграфа Морзе. Въ то же самое время и по той же проволоцѣ другіе служащіе совершенно свободно могутъ передавать тоны  $la_2$ ,  $si_3$  и т. д.

Въ передатчикѣ „акустическаго телеграфа Меркадье“ (фиг. 104 и 105) виденъ камертонъ D, издающій известную ноту, напр.  $la_2$ . Онъ привинченъ къ коробкѣ C, воздухъ въ которой приводится въ колебаніе дрожаніями камертона. По обѣ стороны послѣдняго, на той же коробкѣ, установлены въ круглыхъ коробочкахъ два небольшихъ микрофона, введенные въ первичную цѣпь индукционной катушки B; вторичная цѣпь катушки направляется къ электромагниту у приемнаго аппарата R. Этотъ электромагнитъ заключенъ въ плоскую цилиндрическую латунную коробочку вмѣстѣ съ приводимой имъ въ колебаніе пластинкой, настроенной такимъ образомъ, что она издаетъ только ноту  $la_2$ . Какъ мы выше объяснили, пластинка подперта въ трехъ точкахъ, лежащихъ на той узловой окружности, которая соответствуетъ ей первой гармоникѣ. Въ остальномъ акустическій телефонъ устроенъ такъ же, какъ и обыкновенный.

Ясно, что звукъ, издаваемый камертономъ, слышится въ R только въ то время, когда цѣпь ff замкнута; если въ какомъ-либо мѣстѣ цѣпи, напр. въ o, разомкнуть ее,—какъ показано на фигурѣ 105,—то служащій, вооруженный трубкою T, ничего не услышитъ. Когда въ передатчикѣ нажмутъ на металлическіе стержень, или ключъ L, послѣдній повернется на палирѣ n и придетъ въ соприкосновеніе съ остриемъ P'. Тогда цѣпь ff замкнется и приемникъ, вследствие этого, начнетъ воспроизводить звукъ камертона; онъ будетъ издавать его все время, пока ключъ L касается острія P'. Но лишь только ключъ будетъ предоставленъ самому себѣ, пружина приподниметъ его, цѣпь снова прервется, и звукъ въ R прекратится. Нетрудно понять, какимъ образомъ на этомъ фактѣ можно основать условный, акустическій языкъ.

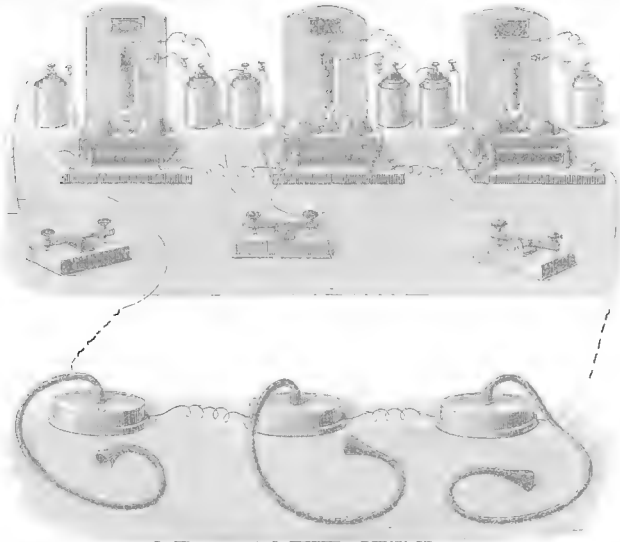
Вмѣсто того, чтобы вводить въ цѣпь ff, можно вводить его въ первичную цѣпь катушки B, что одно и то же. Такое расположеніе представлено на фигурѣ 104, гдѣ передатчикъ состоитъ изъ трехъ аппаратовъ  $sol_1$ ,  $la_2$  и  $si_3$ , соединенныхъ съ тремя соответственными приемниками.

Обыкновеннымъ способомъ приводить въ дрожаніе камертонъ каждый разъ, когда требуется передать депешу, было бы, конечно, чрезвычайно неудобно: по

\*) Отъ греч. слова *monos* (онось)—одинъ только; *монотелефонъ* означаетъ телефонъ, передающій или воспринимашій только одинъ какой-нибудь звукъ.



этому прибѣгаютъ къ электрическому приспособленію, — пользуются *электромагнитными камертонами*, или короче — *электро-камертонами*. Изъ нижеслѣдующаго легко будетъ понято, какимъ образомъ при помощи электромагнита дрожанію камертона можно сообщить неизмѣнный характеръ и поддерживать дрожаніе



Фиг. 104.—Мультиплексный (со множественной передачей) акустическій телефонъ Меркадѣ.

въ теченіе какого угодно времени. На серединѣ разстоянія между вѣтвями камертона расположенъ электромагнитъ *Е* (фиг. 105); въ *Г* видно желѣзное ядро электромагнита. Къ правой вѣтви камертона припаенъ кусочекъ платиновой проволоки *Р*, обращенный къ стерженьку, тоже изъ платины, который при помощи винта *У* можно приблизить или удалить отъ *Р*; одинъ изъ концовъ проволоки электромагнита прикрѣпленъ къ ножкѣ *Г* камертона, а другой къ поло-



Фиг. 105.—Электро-камертонъ у монотелефона.

жительному полюсу  $a$  элемента  $P$ ; другой полюсу  $b$  элемента посредствомъ проволоки соединенъ съ винтомъ  $V$ .

Если при надлежащей установкѣ винта  $V$ , т. е. при надлежащемъ разстояніи между остриемъ  $P$  и стержнемъ, камертонъ разъ привести въ дрожаніе, то онъ будетъ дрожать непрерывно. Въ самомъ дѣлѣ, когда камертонъ удаляется отъ положенія равновѣсія кнаружи,  $P$  и  $V$  приходятъ въ соприкосновеніе, цѣпь элемента замыкается, и токъ пробѣгаетъ по пути  $a E P R V b$ ; проходя по проволоцѣ электромагнита, токъ намагничиваетъ ядро  $G$ , которое, вслѣдствіе этого, притягиваетъ стальные вѣтви камертона кнутри; возвращаясь, подвѣшеніемъ этого притяженія, назадъ, камертонъ снова прерываетъ цѣпь въ  $P V$ , благодаря чему электромагнитъ  $E$  размагничивается; тогда вѣтви камертона опять отходятъ кнаружи, цѣпь снова замыкается, и т. д., т. е. электромагнитомъ дается каждый разъ толчокъ къ новому колебанію, такъ что сила, съ которою камертонъ первоначально былъ приведенъ въ колебаніе, не ослабѣваетъ.

Лиссажу, изобрѣтатель электро-камертона (1857 г.), сравнивая роль послѣдняго съ ролью смычка, при помощи котораго поддерживаются колебанія струны, назвалъ его *электрическимъ смычкомъ* \*).

Такимъ образомъ мы убѣждаемся въ томъ, что телефонная передача достигла въ настоящее время полного своего развитія. Нѣтъ почти такого уголка на земномъ шарѣ, гдѣ не было бы телефонной проволоки. Совокупность всѣхъ проволокъ, дѣйствующихъ въ Соединенныхъ Штатахъ, могла бы, какъ говорить американская статистика, обойти семь разъ вокругъ земли. Въ Китаѣ, гдѣ телеграфъ не можетъ быть введенъ по причинѣ огромнаго количества письменныхъ знаковъ \*\*), телефонъ, повидимому, найдетъ обширное примѣненіе: недавно одно Общество получило отъ правительства Небесной Имперіи концессию на 50 лѣтъ на устройство телеграфной сѣти въ Китаѣ. Японія—одна изъ первыхъ странъ, введшихъ у себя телефонъ. Наконецъ, въ Гонолулу, столицѣ Сандвичевыхъ острововъ, посреди Тихаго океана, работаютъ двѣ телефонныя компаніи—Восточный Телефонъ и Взаимный Телефонъ Белля. Оба эти Общества вмѣстѣ, основанныя въ Гонолулу—первое въ 1890 г., второе—въ 1885 г., на 19000 жителей насчитываютъ болѣе 1900 подписчиковъ.

Многомъ лѣтъ тому назадъ германскій учитель Рейсъ примѣнялъ къ аппарату, который онъ называлъ „телефономъ“, наблюденіе, сдѣланное въ 1887 г. Генри и Педжемъ; эти два американскіе физика замѣтили, что подъ вліяніемъ поперебѣннаго намагниченія и размагниченія брусокъ мягкаго желѣза приобретаетъ способность издавать звукъ, причемъ послѣдній бываетъ тѣмъ выше, чѣмъ короче промежутки времени между прерываніемъ и восстановленіемъ тока. Основываясь на этомъ открытіи, а также на фоновграфѣ Леона Скотта, Рейсъ послѣ многихъ усилій добился, наконецъ, въ 1861—1862 гг. осуществленія снаряда, передававшего нѣкоторые музыкальные звуки на весьма небольшомъ разстояніи. Германскій педагогъ, быть можетъ, позаимствовалъ свое слово „телефонъ“ отъ слова „телефонія“, созданнаго французомъ, музыкантомъ Франсуа

\*) Прибавимъ, что Меркаде въ нѣкоторыхъ своихъ аппаратахъ пользуется подвижнымъ электромагнитомъ  $E$ , могущимъ скользить между вѣтвями камертона и быть установленнымъ между ними гдѣ угодно; при этомъ оказывается, что амплитуда колебанія тѣмъ больше, чѣмъ ближе къ концамъ камертона помѣщенъ электромагнитъ. Обыкновенно его помѣщаютъ на границѣ верхней и средней трети длины вѣтвей, причемъ легко получить амплитуду въ 3 миллиметра. Кромѣ того, къ каждой вѣтви придаютъ тяжесть, могущую скользить вдоль вѣтви; чѣмъ ближе къ концу вѣтви находится тяжесть, тѣмъ колебаніе камертона медленнѣе. Такой электро-камертонъ можетъ служить прекраснымъ хронографомъ, или графическимъ счетчикомъ времени; онъ пишетъ синусоиду, однакою яснѣе въ теченіе какова угодно времени, между тѣмъ какъ обыкновенный камертонъ даетъ кризисъ, высота которой убываетъ настолько быстро, что счетъ очень скоро значительно затрудняется. Для опредѣленія высоты звука пользуются именно такимъ камертономъ, предварительно приведеннымъ къ секунду мистингу.

\*\*) Большой китайскій словарь, издаваемый старинными императорами Канъ-Хи (1654—1722 г.), содержитъ не менѣе 48496 такихъ знаковъ.



Фиг. 106.—...Когда среди темной зимней ночи вдруг заговорит печь, заговорит труба...

Сюдромъ \*); вѣроятно, ему были безвѣстны и мысли другого француза, именно Шарля Бурселя, который въ замѣткѣ, опубликованной въ 1854 г., въ *Телеграфической Литературѣ*, говорилъ слѣдующее:

„Послѣ удивительныхъ телеграфовъ, воспроизводящихъ на большомъ разстояніи не только почеркъ всякаго человѣка, но и сложные рисунки,—область удивительнаго, казалось бы, уже должна бы быть исчерпана. Однакоже, попытка-еся сдѣлать еще нѣсколько шаговъ въ этомъ направленіи. Я спросилъ себя, нельзя-ли самую рѣчь передавать при помощи электричества, нельзя-ли устроить такъ, чтобы говорящаго, напримѣръ, въ Вѣнѣ слышали въ Парижѣ. Это возможно, и вотъ какимъ образомъ. Звуки, какъ извѣстно, образуются колебаніями и такими же колебаніями посредствующихъ срединъ распространяются до нашего уха. Но напряженность этихъ колебаній съ разстояніемъ уменьшается весьма быстро, такъ что, даже пользуясь рупорами и звуковыми трубами, мы не можемъ перейти извѣстныхъ, довольно тѣсныхъ предѣловъ. Вообразите же теперь, что кто-нибудь говоритъ вблизи упругой пластинки, настолько гибкой, что отъ нея не ускользаетъ ни одно изъ колебаній, произведенныхъ голосомъ, причемъ эта пластинка попеременно замыкаетъ и размыкаетъ цѣпь элемента; на нѣкоторомъ разстояніи вы помѣщаете другую такую же пластинку, которая въ то же время будетъ воспроизводить тѣ же самыя колебанія. Правда, напряженность звуковъ будетъ постоянно мѣняться въ томъ мѣстѣ, гдѣ они производятся, гдѣ пластинка приводится въ колебаніе голосомъ, и, наоборотъ—остается неизмѣнной тамъ, куда они передаются, гдѣ она приводится въ дрожаніе электричествомъ; но опытъ показываетъ, что самыя звуки отъ этого не измѣняются.

„Прежде всего очевидно, что музыкальные звуки должны воспроизводиться со свойственной имъ высотой. Настоящее состояніе нашихъ свѣдѣній въ области акустики не позволяетъ утверждать безъ предварительныхъ опытовъ, что совершенно такъ же будутъ воспроизводиться и слоги—части членораздѣльной рѣчи; способъ произношенія послѣднихъ пока еще недостаточно изученъ: извѣстно только, что одни изъ нихъ произносятся при помощи зубовъ, другіе—при помощи губъ,—вотъ и все. Но какъ бы то ни было, нужно думать, что въ воспроизведеніи слоговъ мы слышимъ не иное что, какъ колебанія посредствующихъ срединъ; точное воспроизведеніе этихъ колебаній есть въ то же время точное воспроизведеніе слоговъ. Во всякомъ случаѣ, при настоящемъ состояніи науки нельзя доказать невозможности электрической передачи звуковъ; напротивъ, все говорить въ пользу такой возможности.—Когда впервые заговорили о приложеніи электромагнетизма къ передачѣ депешъ, одинъ изъ высоко-авторитетныхъ ученыхъ отзывался объ этой мысли, какъ о вавышенной утопіи, а между тѣмъ въ настоящее время посредствомъ простой проволоки установлено прямое сообщеніе между Лондономъ и Вѣною. Говорили, что это невозможно, и однако же оно оказалось возможнымъ. Нѣтъ сомнѣній, что мысли о передачи рѣчи путемъ электричества найдетъ безчисленное множество въ высшей степени важныхъ приложеній. Кромѣ развѣ глухихъ и нѣмыхъ, всякому человѣку будетъ доступенъ этотъ способъ передачи, не требующій никакихъ замысловатыхъ аппаратовъ: электрическій элементъ, двѣ упругія пластинки и проволока,—вотъ и все, что для этого нужно. Большія учрежденія будутъ имѣть возможность, въ случаѣ надобности, передавать на извѣстное разстояніе какія угодно длинныя дѣловыя сообщенія, отъ чего весьма нерѣдко имъ приходится бы отка-

\*) Жакъ-Франсуа Сюдръ, род. въ Альби 15 августа 1787 г., умеръ въ Парижѣ 3 октября 1862 г.; музыкантъ, изобрѣтатель акустической телеграфіи, которую онъ называлъ телефоніей\*; его система состояла въ употребленіи разнѣмныхъ музыкальных инструментовъ—рожка, колокола, барабана, причемъ извѣстное сочетаніе звуковъ и промежутковъ между ними должно было означать отдѣльные слова и цѣлыя фразы; положивъ въ основаніе такую мысль, Сюдръ придумалъ „всѣмѣрный музыкальный языкъ, при помощи котораго могутъ объясняться между собой различные народы, а также слѣпые, глухіе и нѣмые; языкъ, составяющійся изъ живыхъ словъ, письменныхъ знавъ, тайный и безмолвный“.

зываются, если бы необходимо было производить передачу буква за буквой, путем телеграфа, требующаго специальной подготовки и навыка.

„Не подлежит никакому сомнѣнію, что въ болѣе или менѣе близкомъ будущемъ рѣчь будетъ передаваться на разстояніе при помощи электричества. Я началъ дѣлать опыты въ этомъ направленіи: они требуютъ весьма большихъ предосторожностей, а также много времени и терпѣнія, но уже достигнутые успѣхи позволяютъ надѣяться на благоприятный результатъ“.



Грегъмъ Белль.

Илайша Грей.

Фиг. 107.—Оба изобрѣтателя переговариваются посредствомъ своихъ первыхъ телефоновъ.

Изъ приведенной замѣтки видно, съ какой прозорливостью Шарль Бурсель предугадывалъ уже въ 1854 г. рѣшеніе столь трудной задачи, найденное не далѣе какъ въ 1876 г. 14-го февраля только-что названнаго года Грегъмъ Белль и Илайша Грей, инженеръ изъ Чикаго, оба, но одинъ чрезъ два часа послѣ другого, представили въ американское правительственное бюро, заведующее выдачей патентовъ, описаніе новаго открытія, осуществляющаго передачу рѣчи на разстояніе. Еслибы не упушеніе нѣкоторыхъ формальностей, бюро навѣрное высказалось бы въ пользу Грея, представившаго гораздо болѣе точное описаніе деталей, нежели Белль. — „Къ свѣдѣнію всѣхъ тѣхъ, до которыхъ это можетъ касаться, — писалъ Грей, — заявляю, что я, Илайша Грей, изъ Чикаго, нашелъ новый способъ телеграфной передачи звуковъ человѣческой рѣчи.“

„По изобрѣтенному мною способу, передача звуковъ человѣческаго голоса по телеграфной проводкѣ и воспроизведеніе ихъ на пріемномъ концѣ послѣдней совершаются настолько хорошо, что два лица могутъ свободно переговариваться между собой, находясь другъ отъ друга на значительномъ разстояніи. Мною уже ранѣе изобрѣтены способы передачи по телеграфу музыкальных звуковъ, и настоящее мое изобрѣтеніе также основывается на принципѣ, лежащемъ въ основѣ сказаннаго изобрѣтенія, описаннаго въ привилегіяхъ, выданныхъ мнѣ правительствомъ Соединенныхъ Штатовъ 27-го іюля 1875 г., а потомъ въ прошеніи, поданномъ мною 23-го февраля того же года.“

„Для достиженія поставленной себѣ цѣли, я придумалъ снарядъ, могущій производить звуковыя колебанія, созвучныя человѣческому голосу, — позволяющій слышать этотъ послѣдній на далекомъ разстояніи. Представленная здѣсь кон-

струкция снаряда, усовершенствованнаго мною для названной специальной цѣли, конечно, не претендуетъ на преимущественную пригодность, не исключаетъ цѣлесообразныхъ измѣненій, которыя могли быть указаны другими лицами.

„Я думаю въ настоящую минуту, что наилучшій способъ получить снарядъ, способный воспроизводить разнообразныя звуки человеческой рѣчи, это—натянуть какую-либо перепонку на одномъ изъ концовъ трубки, снабженной аппаратомъ, производящимъ колебанія въ электрическомъ токѣ, а потому дѣйствующимъ съ измѣняющеюся силой. На моемъ рисункѣ, лицо, передающее звуки, изображено говорящимъ въ трубку, на наружномъ концѣ которой натянута диафрагма изъ пергамента или кишечной перепонки; къ диафрагмѣ прикрѣпленъ металлическій стерженецъ (приводитъ токъ элемента), спускающійся въ сосудъ, въ нижней части закрытый металлической пробкой, черезъ которую проходитъ другой стерженецъ (съ послѣднимъ соединяется другая проволока элемента)“.

Сосудъ наполняется какой-нибудь жидкостью, напр. водою. Такъ какъ первый стерженецъ немного не доходитъ до второго, то токъ долженъ проходить черезъ тоненькій слой жидкости. Колебанія голоса, приводя въ дрожаніе диафрагму у трубки, заставляютъ первый стерженецъ то подниматься то опускаться, благодаря чему измѣняется толщина слоя жидкости, проходящего токомъ.

„Вызванныя такимъ образомъ колебанія тока передаются на приемную станцію, гдѣ имѣется электромагнитъ, дѣйствующій на диафрагму, снабженную кусочкомъ мягкаго желѣза. Эта диафрагма натянута на приемной трубкѣ, сходной съ трубкой у передатчика. Вторая диафрагма получаетъ колебанія, соответствующія колебаніямъ передаточной диафрагмы, и такимъ образомъ производится отчетливые звуки или слова“.

Грей какъ бы предвидѣлъ идею электрическаго телефона и угольнаго микрофона.

Несмотря на столь ясное описаніе, первенство, честь открытія досталась на долю Грегга Белля, который оставался законнымъ изобрѣтателемъ телефона въ теченіе дѣнадцати лѣтъ. Не далѣе какъ 18-го ноября 1888 г. окончилась процессъ, возбужденный обоимъ Гремъ, въ пользу послѣдняго: верховный судъ высказался за уничтоженіе привиллегій Грегга Белля и такимъ образомъ осязали первенство Илайши Грея.

У первыхъ телефоновъ Грегга Белля встрѣчаемъ слѣдующее расположеніе. На двѣ воронки при помощи винтовъ натянута перепонка, имѣющая на себѣ въ центрѣ якорь, состоящій изъ тоненькаго желѣзнаго прутка. Вблизи находится электромагнитъ, приводимый въ дѣйствіе элементомъ. Этотъ телефонъ могъ безразлично служить въ качествѣ передатчика и приемника.

На фигурѣ 107 изображено сообщеніе (воображаемое) между обоими изобрѣтателями посредствомъ ихъ соответственныхъ первыхъ телефоновъ, одновременно появившихся 14-го февраля 1876 г. Измѣненія толщины слоя жидкости, проходящего токомъ въ передатчикѣ Грея, влекутъ за собою измѣненія въ магнитномъ полѣ электромагнита у приемника Белля, отсюда—воспроизведеніе рѣчи натянутой перепонкой.

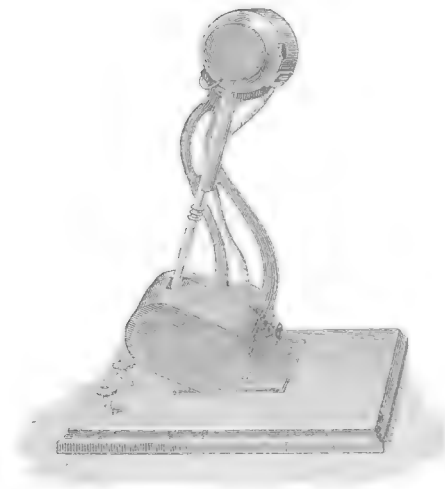
Мы вкратцѣ обозрѣли всѣ главнѣйшіе телефоны, въ короткий промежутокъ времени послѣдовавшіе за первоначальными приборами Илайши Грея и Грегга Белля. Объясненіе телефона дано сколь возможно полное. На этомъ примѣрѣ мы стремились показать, какъ тщательно слѣдуетъ изучать подробности снаряда для уразумѣнія роли, присущей каждой изъ его частей; въ то же время мы показали, что всегда необходимо прибѣгать къ опыту, какъ бы трудно ни казалось ждать успешныхъ результатовъ, потому что опытъ нѣрѣдко опережаетъ теоретическую мысль.

Усвоимъ себѣ ясное понятіе о томъ, что слѣдуетъ разумѣть подлѣ объясне-

ніемъ, или теоріей являющагося явления. Предолжительное и терпѣливое наблюденіе природы заставило ученыхъ придти къ заключенію, что все безконечное множество представляемыхъ ею явленій зависитъ отъ весьма малаго числа послѣднихъ, называемыхъ основными, или главными явленіями; слѣдовательно, для того, чтобы найти объясненіе данному практическому приложенію научныхъ фактовъ,—необходимо, путемъ тщательнаго разбора, узнать, изъ какихъ основныхъ явленій оно возникло. Магнитный телефонъ, на примѣръ, является слѣдствіемъ колебательнаго движенія, производящаго звукъ, съ одной стороны, и свойствъ магнита—съ другой; вотъ почему для уразумѣнія телефона необходимо было ознакомиться сперва со звуковыми волнами и свойствами магнита.

Безъ всякаго сомнѣнія, наше объясненіе, представляясь вполнѣ достаточнымъ съ точки зрѣнія опыта, не удовлетворяетъ, однако, нашей мысли, всегда стремящейся постигнуть самую сущность и сокровенный смыслъ вещей; это объясненіе не говоритъ намъ ни того, чѣмъ объяснить замѣчательную силу, свойственную магнитному полю, ни того, въ чемъ слѣдуетъ искать его причину. Но отвѣчать на эти вопросы—современное знаніе бессильно.





Фиг. 109.—Пріёмникъ-моногографъ Эдиссона.

## Глава V

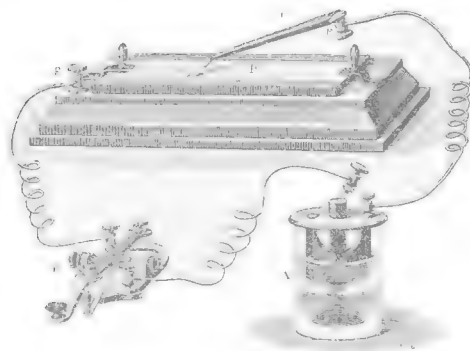
### Т е л е ф о н о г р а ф і я.

#### Свѣтовой телефонъ.—Термофонъ.

Мы сейчасъ видѣли, какъ наука съ истинной простотою рѣшила дѣй великія задачи, долгое время считавшіяся неразрѣшимыми: благодаря фонографу, мы получили возможность фиксировать голосъ и затѣмъ воспроизводить его когда угодно со всѣми его существенными особенностями; при помощи телефона мы заставляемъ рѣчь пробѣгать съ быстротою молніи какія угодно большія разстоянія. Что же дастъ намъ сочетаніе фонографа съ телефономъ? Мысль о подобномъ сочетаніи впервые явилась у Меркадье. Изъ опытовъ этого ученаго, произведенныхъ въ сентябрѣ и октябрѣ 1888 г. обнаружилось, что Эдиссоновъ фонографъ съ оловяннымъ листомъ можетъ прекрасно замѣнить собою говорящее лицо—передавать рѣчь телефону. Опыты производились весьма просто. Телефонъ, изъ котораго предварительно удалена упругая пластинка, провинчивается своимъ раструбомъ къ амбушюру фонографа первоначальнаго устройства—съ желѣзной діафрагмой; полюсы магнита у телефона располагаютъ въ весьма близкомъ разстояніи отъ діафрагмы. Если станемъ вращать цилиндръ фоно-



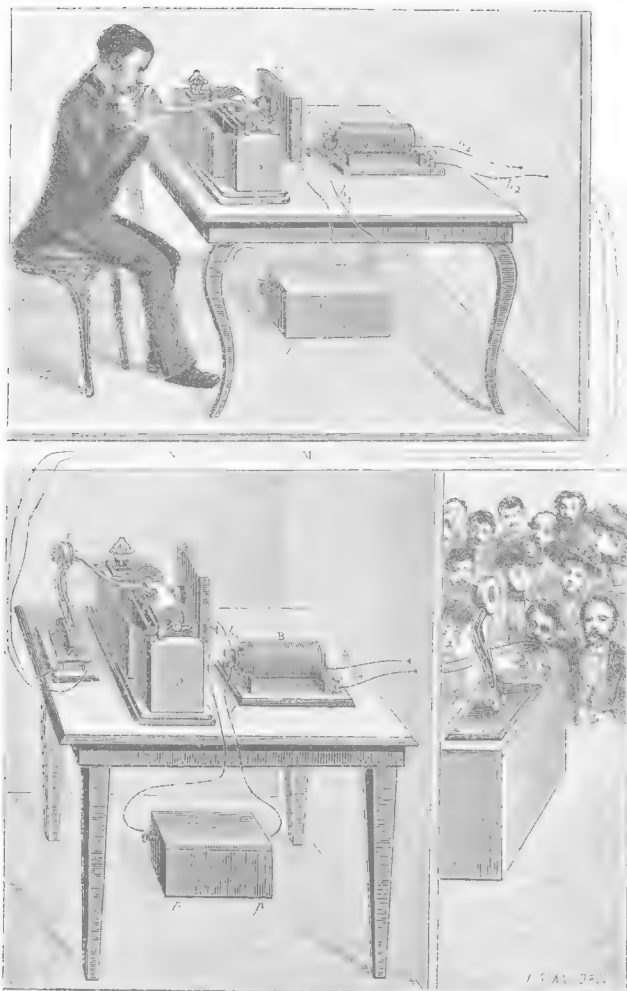
графа такимъ образомъ, чтобы послѣдній воспроизводилъ рѣчь или музыкальную пьесу, вытисненныя на немъ, то все это мы услышимъ въ приемномъ телефонѣ. Воспроизведеніе это, конечно, далеко несовершенно, что зависитъ отъ недостатковъ первоначальнаго фонографа, каковы: слабая членораздѣльность, преобладаніе нѣкоторыхъ гласныхъ, измѣненіе тембра голоса, именно носовой оттънокъ; но,—писалъ Меркадье,—я полагаю, нетрудно устранить все это, пользуясь усовершенствованными фонографами\*. Ожиданія Меркадье оправдались самымъ блестящимъ образомъ въ Америкѣ, 4-го февраля 1889 г. Отчетъ объ опытахъ, производившихся въ этомъ направленіи подъ руководствомъ одного изъ сотрудниковъ Эдиссона, Гаммера, находимъ въ *Телефонномъ Журналѣ* и *Электрическомъ Обзорѣ*, въ нумерахъ отъ 8-го марта 1889 г. То, что говорили и пѣли въ фонографъ, помѣщавшійся въ Нью-Йоркѣ, не только было слышно публикѣ, собравшейся въ Институтъ Франклина въ Филадельфіи, т.-е. на разстояніи 155 верстъ, но и вытиснялось, кромѣ того, на фонографѣ, находившемся въ Институтѣ. Въ то время, какъ въ опытахъ Меркадье только передавались по телефону звуки, воспроизводившяся фонографомъ,—изъ работъ американскихъ изслѣдователей обнаруживается, что если фонографъ можетъ заставить говорить телефонъ, то послѣдній въ свою очередь можетъ записать любые звуки на восковомъ цилиндрѣ, помѣщенномъ на небольшомъ разстояніи отъ него. Изъ сказаннаго видно, какъ удивительно работаютъ эти небольшіе снаряды, въ которыхъ совершается превращеніе звуковыхъ колебаній въ колебанія магнитныя и наоборотъ, и черезъ которые, не претерпѣвая замѣтныхъ измѣненій, проходятъ звуки музыкальной пьесы или человѣческой рѣчи. Эти звуки то переходятъ въ скрытое состояніе — нѣмныхъ колебаній безконечно тонкой среды—эфира, то вновь становятся явственно слышными, перешедши въ колебанія матеріальныхъ средъ, напр., воздуха. Мы не знаемъ сущности той связи



Фиг. 110.—Принципъ мотогофа.

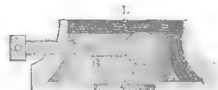
между этими столь различными средами, благодаря которой между ними существуетъ такая тѣсная зависимость, но связь эта существуетъ и служитъ къ величайшему благу для человѣчества.

Для своихъ телефонографическихъ опытовъ Гаммеръ пользовался приемникомъ-мотогографомъ, угольнымъ передатчикомъ и усовершенствованнымъ фонографомъ Эдиссона.



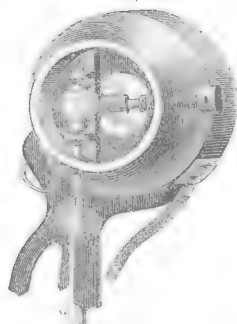
Фиг. 111.—Телефонографическая передача изъ Нью-Йорка въ Филадельфію (расстояние—156 верстъ).  
Расположеніе въ оныѣ Гаммера, Нью-Йоркская и филадельфійская станціи.

Разсмотримъ дѣйствиѣ *приемника - мотोगрафа* \*) (изобрѣтенъ Эдиссономъ), прибора, значительно разнящагося отъ магнитныхъ телефонныхъ приемниковъ. Для надлежащаго уясненія идеи этого аппарата приведемъ слѣдующій предварительный опытъ. На мѣдную пластинку М (фиг. 110) кладутъ листъ пропускной бумаги Р, пропитанный поташомъ и водой (поташъ—вещество расплывающееся, чрезвычайно легко поглощаетъ воду); къ бумагѣ нижней своей частью прикасается платиновая пластинка, которую помощью уединяющей ручки С можно заставить скользить по листу. Черезъ эту пластинку въ мѣстѣ соприкосновенія проходитъ токъ отъ элемента А. Держа платиновую пластинку за ручку С и заставляя ее, съ равномернымъ нажатіемъ, скользить по листу Р, замѣтимъ, что всякая причина, измѣняющая магнитное поле, произведенное вдоль цѣпи элементомъ А, въ то же время измѣняетъ треніе — сопротивление скольженію платиновой пластинки по листу бумаги; эти измѣненія непосредственно ощущаются рукой, опредѣляются нашимъ мышечнымъ чувствомъ \*\*).



Фиг. 112. — Мотографъ въ разсѣстѣ.

Этотъ опытъ, произведенный Эдиссономъ въ 1872 г., подавъ ему мысль воспользоваться указаннымъ измѣненіемъ тренія для той же цѣли, для какой ранѣе пользовались измѣненіями въ магнитномъ полѣ, — привелъ его къ изобрѣтенію приемника-мотографа, безспорно самому оригинальному и самостоятельному изъ его изобрѣтеній. Приемникъ-мотографъ (фиг. 109) есть въ сущности видоизмѣненіе того снаряда, при помощи котораго былъ произведенъ сейчасъ описанный опытъ. Въмѣсто пропускной бумаги берется известковый цилиндръ, пропитанный щелочнымъ растворомъ фосфорно-натровой соли. Платиновая пластинка неподвижна, но вмѣстѣ того вращается, соприкасаясь съ ней, известковый цилиндръ,—что, конечно, одно и то же. Расположеніе аппарата слѣдующее (фиг. 112 и 113). Къ центру скользяго кружка А прикрепленъ плоскій латунный стержень Н, къ концу котораго прирѣплена тоненькая платиновая пластинка Е; кускомъ резины В, при вращеніи винта F, пластинка эта прижимается къ цилиндру С, приводимаго въ движеніе электрическимъ двигателемъ (фиг. 114) при посредствѣ системы зубчатыхъ колесъ и стержня G. Нетрудно понять, что, благодаря тренію, происходящему между цилиндромъ С и пластинкой Е, цилиндръ будетъ увлекать за собою ЕН, а черезъ это и кружокъ изъ слюды А, съ слюдою, измѣняющейся особобразо съ измѣненіями электрическаго тока, проходящаго по соприкасающимся поверхностямъ; такимъ образомъ перемѣщенія кружка будутъ попеременно увеличиваться и уменьшаться вмѣстѣ съ токомъ, т.-е. кружокъ будетъ колебаться. Амплитуда колебанія будетъ тѣмъ больше, тѣмъ сильнѣе кусокъ резины будетъ прижимать другъ къ другу поверхности Е и С; слѣдовательно, регулирующий винтъ F особенно необходимъ въ тѣхъ случаяхъ, когда требуется производить колебанія съ большой амплитудой, т.-е. когда говорить громко.

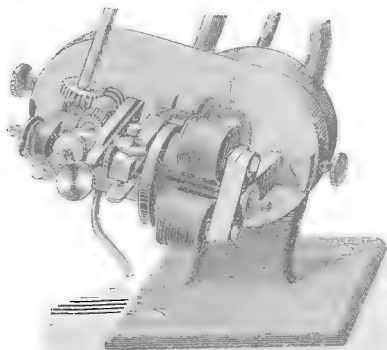


Фиг. 113.—Расположеніе частей въ мотографѣ.

\*) *Мотографъ* означаетъ приборъ, „записывающій движеніе“.

\*\*) Причина къ заключается во вхожденіи въ поры платины одного изъ газовъ, входящихъ въ составъ воды, которую пропитана пропускная бумага. Дѣло въ томъ, что нечистая вода разлагается подъ вліяніемъ тока на свои составныя части, причемъ водородъ выдѣляется на металлъ, а кислородъ—на металлъ, вводящемъ токъ въ бумагу.

Посмотримъ теперь расположение опыта Гаммера. На рисункѣ (фиг. 111, *сверху*) мы видимъ нью-йоркскую станцію. Человѣкъ говоритъ или поетъ въ трубку, и звуки записываются на цилиндръ усовершенствованнаго фонографа Р; послед-



Фиг. 114.—Электрическій двигатель мотогорафа.

ній повторяетъ эти звуки угольному передатчику Т, проходящему токомъ отъ батареи изъ элементовъ *p, p*; этотъ токъ проходитъ также по наводящей проволоцѣ *b, b*, катушки В, другая же—наводимая проволока *b, b*, катушки переходитъ въ линію, направляющуюся въ Филадельфію. Часть MN этой линіи проходитъ подъ землей расстояние въ шесть морскихъ миль, т.-е. около десяти верстъ.

Аппаратъ на филадельфійской станціи (фиг. 111, *снизу*) нѣсколько сложнее. Прежде всего токъ заставляетъ говорить приемникъ-мотогографъ Е; произведенныя такимъ путемъ звуковыя волны вытисняются на фонографъ Р, который сообщаетъ ихъ угольному передатчику Т, соединенному, какъ и на нью-йоркской станціи, съ катушкой В и элементами *p p*; наконецъ, звуковыя волны выходятъ изъ другого мотогорафа Е и слышны цѣлому собранію безъ помощи какихъ бы то ни было слуховыхъ трубокъ \*).

Такимъ-то путемъ жители Мартиники, въ воображаемомъ опытѣ, приведенномъ нами въ началѣ этой книги, могли слышать рѣчи своихъ депутатовъ, защищавшихъ интересы колоніи въ Бурбонскомъ дворцѣ. (При этомъ трубка, въ которую говоритъ человѣкъ на фигурѣ 111, конечно, замѣнена тамъ микрофономъ, помѣщеннымъ на трубкѣ предъ ораторомъ; звуки, воспріятыя микрофономъ, тотчасъ же сообщаются первому мотогографу, записывающему ихъ на фонографѣ отправляющей станціи). Такимъ-то образомъ голоса могли пройти чрезъ глубины океана огромное расстояние и запечатлѣться на восковомъ цилиндрѣ фонографа, этого самаго нелицеприятнаго свидѣтеля, роковымъ образомъ вынужденнаго давать вѣрный отчетъ избирателямъ о рѣчахъ ихъ избранниковъ.

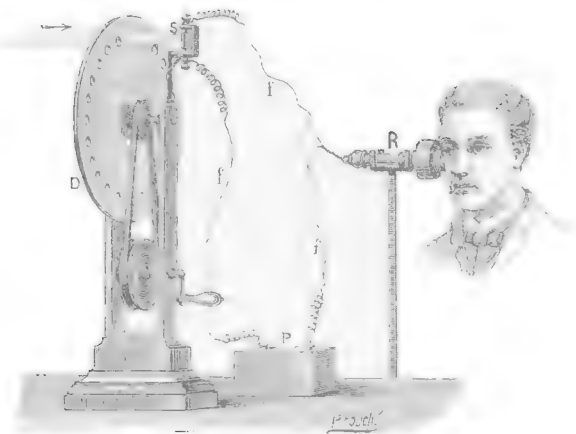
Разумѣется, телефонографическая линія Бурбонскій дворецъ — Форъ-де-Франсъ пока еще не значится въ официальномъ спискѣ. Подводные кабели остаются глухи, — проглатываютъ незначительные телефонныя токи. Словомъ, для осуществленія подобнаго дѣла предстоитъ рѣшить еще не мало трудныхъ и деликатныхъ задачъ.

\*) Гаммеръ увѣрилъ насъ лично, 8 октября 1889 г., что мотогографъ легко можетъ быть слышенъ собраніемъ изъ 4—6 тысячъ человѣкъ.

Но если вспомнить, что той части науки, которая занимается электричеством, нѣтъ еще и ста лѣтъ, и при этомъ подумать, сколько чудеснаго совершено за это время, благодаря ей, то необходимо будетъ признать, что она, при своемъ могучемъ развитіи, не боится никакихъ затрудненій.

Прежде чѣмъ покоичить съ телефономъ, отмѣтимъ любопытнѣйшіе факты, открывающіе для телефоніи новыя, обширные горизонты и долженствующіе уяснить намъ, какъ возникла идея о телефотѣ.

Проведеніе проводочной линіи—работа слишкомъ длинная, дорого стоящая, къ тому же проволока легко можетъ быть перерѣвана. Если-бъ можно было замѣнить её чѣмъ-нибудь другимъ! Но какъ и чѣмъ?



Фиг. 115.—Принципъ свѣтового телефона.

Оказывается, что тяжелую проволоку можно замѣнить невѣсомымъ лучемъ свѣта! Подобно электричеству, и свѣтъ можетъ служить намъ необыкновенно быстрымъ гонцомъ,—гонцомъ, пробѣгающимъ по опредѣленіямъ Физо и по болѣе новымъ изслѣдованіямъ Корню, около 281 тысячи верстъ въ секунду! Воспользовавшись, въ качествѣ сильнѣйшаго источника свѣта, солнцемъ или Вольтовой дугой, мы легко можемъ передавать пучекъ свѣтовыхъ лучей на весьма большое расстояние при помощи надлежащихъ чечевицъ или отражательныхъ зеркалъ (рефлекторовъ). Кто во время Всемирной выставки 1889 г. не изумлялся той быстротѣ, съ какою свѣтъ отъ маяка на башнѣ Эйфеля прорывалъ все парижское небо, какъ рефлекторы освѣщали все сверху до низу—Пантеонъ, Елисейскій дворецъ, соборъ дома Инвалидовъ, монументальный фонтанъ и пр., вплоть до посѣтителей, помѣщавшихся въ основаніи башни. Нетрудно понять, что подобный пучекъ лучей можетъ служить для произведенія условныхъ сигналовъ. Перерывая его, напр., на опредѣленные, различной длины промежутки времени, можно создать настоящій условный языкъ, какъ въ телеграфѣ Морзе, съ той разницей, что роль Морзовыхъ черточекъ, будутъ играть огни различной продолжительности. Но какинъ образомъ заставить этотъ пучекъ переносить человѣческій голосъ, какъ сообщить лучамъ нашу рѣчь?

Нижеслѣдующій фактъ, позволитъ намъ заставить говорить свѣтъ, пре-

вращать въ явственные звуки колебанія, силы свѣта. Введемъ надлежащимъ образомъ приготовленный кусокъ селена S \*) (фиг. 115), въ цѣпь элемента Р и будемъ бросать на него пучекъ лучей, попеременно задерживая и пропуская лучи при помощи непрозрачнаго кружка D, снабженнаго отверстиями, расположенными по нѣкоторой окружности въ равныхъ разстояніяхъ другъ отъ друга. Назовемъ этотъ приборъ *световой сиреной*; периодически устремляющаяся чрезъ отверстия у ранѣе описанной сирены воздушная струя замѣняется въ этомъ приборѣ периодическимъ прохожденіемъ свѣта. Всякій разъ, когда селенъ освѣщается свѣтомъ, магнитное поле



Фиг. 116.—Сообщеніе между военными постами посредствомъ свѣтового телефона.

произведенное токомъ, проходящимъ по проводокѣ ff, усиливается, при уменьшеніи же силы свѣта — это поле ослабляется \*\*); поэтому, если кружокъ D будетъ вращаться равномерно, и притокъ такимъ образомъ, чтобы пучекъ лучей прерывался 435 разъ въ секунду, то въ нашемъ магнитномъ полѣ будетъ происходить 435 колебаній въ секунду; если теперь въ цѣпь ff (или въ какую-либо сосѣднюю) введемъ телефонный пріемникъ, который есть показатель быстрыхъ колебаній магнитнаго поля по преимуществу и который эти колебанія

\*) Селенъ, полученный шведскимъ химикомъ Верцелиусомъ въ 1817 г., есть вещество аналитическое свѣтъ и часто встрѣчающееся въ соединеніи съ послѣдней.

\*\*) Описываемое здѣсь дѣйствіе свѣта на электричество (или, если угодно, на электрический токъ, производящій наше магнитное поле) далеко не единственное; это только первое отношеніе, встрѣчаемое нами между этими двумя дѣятелями.

превращаетъ въ звуки, то приёмникъ будетъ издавать ноту  $la_2$ , въ точности соответствующую 435 колебаніямъ въ секунду. Понятно, что при болѣе быстромъ вращеніи кружка, приёмникъ R будетъ издавать болѣе высокую ноту и наоборотъ — нота будетъ ниже, если кружокъ станетъ вращаться медленнѣе. Указанное свойство селена (которымъ обладаютъ и нѣкоторыя другія тѣла) было открыто въ 1878 г. Меемъ и Смитомъ и изучено Сэхемъ, Греггомъ Веллемъ, Меркадье и др.

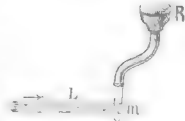
Естественно, конечно, желаніе рѣшить путемъ опыта, можно ли воспользоваться этимъ свойствомъ селена для воспроизведенія голоса, могутъ ли, не мѣшая другъ другу, запечатлѣться на свѣтовомъ лучѣ всѣ элементы колебаній человѣческой рѣчи. Опытъ отвѣчаетъ на этотъ вопросъ утвердительно: такимъ способомъ сообщались между собою лица, удаленные другъ отъ друга на нѣсколько сотъ футовъ. Для этого достаточно говорить въ узкое отверстіе трубы  $t$  (фиг. 116), широкое отверстіе которой закрыто кругомъ изъ слюды M. Наружная поверхность круга посеребрена и потому отражаетъ направляемый на нее сильный пучекъ лучей O. На пути отраженныхъ лучей помѣщается чечевица, дѣлающая пучекъ цилиндрическимъ; благодаря этому, свѣтъ не рассеивается безполезно въ пространство, а доходитъ до кривого зеркала  $m$ , послѣ отраженія отъ котораго падаетъ на кусокъ селена, обладающій уже известнымъ намъ свойствомъ. Нарушенія формы зеркала M, происходящія подъ влияніемъ звуковыхъ волнъ, достаточно для произведенія соответствующихъ колебаній въ силѣ свѣта, а отсюда (фиг. 116) и въ магнитномъ полѣ вдоль цѣпи батареи P. Дѣйствительно, въ приёмникѣ отчетливо слышно все, что говорятъ въ  $t$ . Селень S является такимъ образомъ настоящимъ свѣтовымъ микрофономъ, а вся система — свѣтовымъ телефономъ.

На фигурѣ 116 представлены два военныхъ поста, сообщающіеся между собой при помощи луча свѣта.

Меркадье удалось даже обойтись безъ селена, элемента и телефона, и устроить весьма простой приёмникъ, названный имъ термофономъ\*, такъ какъ свѣтъ дѣйствуетъ тутъ единственно своей тепловой силой. Этотъ приёмникъ R (фиг. 117) представляетъ собой наполненную воздухомъ коробку, снабженную закопченной слюдяной\*\* пластинкой  $m$ , на которую падаетъ пучекъ L. Звуковыя колебанія, производимыя передатчикомъ устроеннымъ такъ же, какъ и предшествующій, вызываютъ колебанія температуры воздуха, наполняющаго коробку. Это объясняется тѣмъ, что подъ влияніемъ звуковыхъ колебаній форма посеребренного слюдяного круга измѣняется — онъ становится то вогнутымъ, то выпуклымъ, отчего измѣняется распредѣленіе пучка лучей, его напряженность. Этихъ измѣненій въ температурѣ достаточно для того, чтобы явились расширенія и сжатія воздуха въ коробкѣ; отсюда — колебаніе пластинки у приёмника R, производящее звукъ.

Скажемъ еще болѣе: въ известныхъ случаяхъ человѣкъ воспринимаетъ звукъ и безъ приёмника: для этого достаточно уже направить пучекъ лучей прямо въ его ухо.

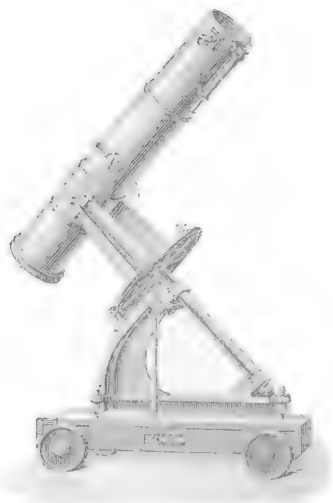
Таковы поразительные факты, показывающіе, съ какой быстротой совершается передача свѣта или теплоты. Указавъ на нихъ, мы не только сдѣлали предварительное замѣчаніе о телефотѣ, но и указали на то, какъ многочисленные явленія, природа которыхъ намъ неизвѣстна, которыя совершаются въ мірѣ невидимомъ.



Фиг. 117.—Приёмникъ-термофонъ.

\* Термофонъ, отъ греч. словъ *θερμῆς* (терма) — теплота и *φωνή* (фона) — голосъ, звукъ.

\*\* Слюда состоитъ изъ кремнезема, глинозема, желѣза, поташа, магнесіи; встрѣчается во всякой почвѣ, особенно же въ почвахъ песчаныхъ.



Фиг. 118.—Телескопъ Фуко.

## Глава VI.

### Т е л е ф о т ъ.

**Видѣніе весьма удаленныхъ и видѣніе чрезвычайно мелкихъ предметовъ.  
Телескопъ.—Телефотъ.—Микроскопъ.**

Мы видѣли, какіе совершенные способы выработаны наукой для записыванія, воспроизведенія и передачи рѣчи, какое бы разстояніе ни требовалось преодолѣть. Посмотримъ теперь, подвинулась-ли наука на столько же и въ вопросѣ о видѣніи на большомъ разстояніи. Получить возможность слѣдить за движеніями, жестами и выраженіемъ лица того самаго человѣка, съ которымъ мы говоримъ по телефону, видѣть окружающихъ его людей,—или же любоваться какой-нибудь отдаленной живописной мѣстностью, не встрѣчая ни малѣйшихъ препятствій ни въ высокихъ зданіяхъ и возвышенностяхъ почвы, ни въ чемъ другомъ, преграждающемъ свѣтъ,—вотъ что требуется. И нельзя сказать, чтобъ это было неосуществимо: современные научныя данныя позволяютъ осмотрѣть на это какъ на дѣло вполне возможное въ будущемъ. Для зрѣнія будетъ сдѣлано то же, что сдѣлано для слуха: зрительное сообщеніе сможетъ быть столь же мгновеннымъ, какъ и слуховое. Мы получимъ возможность не только слышать звуки, производимые на огромномъ разстояніи отъ насъ, но и видѣть, какъ бы по волшебству, то, что совершается гдѣ-бы то ни было на земномъ шарѣ; обозрѣніе всего земнаго шара станетъ дѣломъ нѣсколькихъ минутъ. Тотъ приборъ, при помощи котораго это дѣла будетъ осуществлена, еще не устроенъ, хотя



устройство его служило предметомъ весьма настойчивыхъ, строго-научныхъ методическихъ изслѣдованій. Но для него уже придумано названіе—*телефотъ*\*).

Для того, чтобы понять тѣ факты, которые лежатъ въ основѣ этихъ изслѣдованій, чтобы составить себѣ надлежащее представленіе о томъ, въ какой мѣрѣ *телефотъ* возможенъ, необходимо сперва внимательно рассмотреть тѣ изысканнія человѣческимъ гениемъ средства, благодаря которымъ уже и въ настоящее время предѣлы нашего зрѣнія весьма обширны.

Съ давнихъ поръ человѣкъ стремится ясно видѣть удаленные предметы, простымъ глазомъ имъ вовсе невидимые, или же видимые неясно; для этой цѣли придуманы снаряды, называемые *телескопами*\*\* и имѣющіе своимъ главнымъ назначеніемъ—открывать намъ тайны удаленныхъ міровъ, небесныхъ тѣлъ, изученіе которыхъ составляетъ область астрономіи.

Посредствомъ *микроскопа*, изобрѣтеніе котораго относится къ тому же времени, мы разсматриваемъ уже не удаленные предметы, вслѣдствіе своей отдаленности представляющіеся намъ малыми и неясными, а наоборотъ, тѣла весьма близкія, повсюду окружающія насъ, милліонами находящіяся въ воздухѣ и въ водѣ, но не оказывающія ни малѣйшаго вліянія на прозрачность послѣднихъ, невидимые нами по причинѣ своей крайне незначительной величины. При помощи микроскопа намъ сдѣлались доступны безчисленное множество чрезвычайно странныхъ и загадочныхъ существъ. Въ сравненіи съ этими микробами, привычки и роль которыхъ въ борьбѣ за существованіе съ такой тревогою изслѣдуются современными учеными, кажутся гигантски-большими самыя маленькія изъ живыхъ существъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ.

На ряду съ этими столь важными снарядами, существуетъ не мало другихъ, основанныхъ на однородныхъ фактахъ и законахъ, но имѣющихъ цѣлью не столько просвѣщеніе, сколько развлеченіе: помощью ихъ можно легко произвести какъ самыя драматическія, такъ и самыя забавныя иллюзіи.

Посредствомъ всѣхъ этихъ драгоценныхъ снарядовъ мы получаемъ *изображенія* тѣхъ предметовъ, отъ которыхъ падаетъ въ нихъ свѣтъ. Для того, чтобы понять, какъ образуются изображенія, необходимо ознакомиться съ тѣми свойствами свѣта—этого дѣятеля зрѣнія, изученіе котораго составляетъ предметъ *оптики*\*\*\*).

Для пониманія дѣйствія этихъ приборовъ нѣтъ необходимости знать сущность, причину свѣта. Притомъ же и нельзя уловить его непосредственно, устроить такъ, чтобы онъ самъ, такъ сказать, записалъ свою исторію. Того, что мы сдѣлали со звукомъ, мы со свѣтомъ сдѣлать не можемъ. Но при помощи ряда наблюденій и разсужденій, принадлежащихъ главнымъ образомъ Френелю\*\*\*\*), ученые пришли къ заключенію, что свѣтъ, вѣроятнѣе всего, есть дѣйствіе, производимое на глазъ чрезвычайно быстрымъ колебательнымъ движеніемъ (ранѣе мы привели по этому поводу цифры) частичекъ среды, называемой *эфиромъ*. Убѣдился въ существованіи этой среды непосредственнымъ опытомъ, помощью вѣсовъ или другихъ, самыхъ точныхъ снарядовъ, нѣтъ никакой возможности. По этой гипотезѣ, свѣтъ въ такомъ же смыслѣ есть движеніе эфира, осязаемое глазомъ, какъ колебательное движеніе матеріи, осязаемое ухомъ, есть звукъ.

Въ той части оптики, въ которой изучается образованіе изображеній, мы всегда имѣемъ дѣло не со свѣтомъ, какъ таковымъ, а съ *лучемъ света*; часто встрѣчается также выраженіе: *сходящаяся точка*. Всякое свѣтящееся тѣло—самосвѣтящееся, какъ пламя, солнце и т. п., или освѣщенное, какъ большин-

\*) *Телефотъ*, отъ греч. словъ *тѣле* (теле)—далеко и *фотъ* (фотъ)—свѣтъ.

\*\*) *Телескопъ*, отъ греч. словъ *тѣле* и *скопѣ* (скопѣ)—разсматриваю, наблюдаю.

\*\*\*) *Оптика*, отъ греч. *оптѣо* (оптадо)—вижу; *оптическими приборами* называются приборы, дающіе изображенія предметовъ.

\*\*\*\*) Жанъ-Огюстенъ Френель, французскій физикъ, род. въ Брольи (Эрв) 10 мая 1788 г., ум. въ Билль-д'Авре въ 1827 г.



Фиг. 119. — Симметричное мнимое изображение въ плоскомъ зеркалѣ.

ство окружающих насъ тѣлъ,—мы можемъ представлять себѣ состоящимъ изъ безчисленнаго множества свѣдящихся точекъ. Свѣтъ отъ свѣтящейся точки распространяется во всѣ стороны по прямымъ линіямъ; каждая такая прямая линія, каждое такое направленіе свѣта, называется *отдельнымъ лучемъ*. Къ обозначенію „свѣтовой лучъ“ привело наблюденіе прямолинейныхъ пучковъ свѣта, проходящихъ черезъ малыя отверстія; но получить отдѣльный лучъ путемъ опыта нѣтъ возможности, такъ какъ если станемъ все болѣе и болѣе уменьшать отверстие, то явленіе скоро измѣнится,—свѣтъ начнетъ разсѣваться по всѣмъ направленіямъ,—произойдетъ явленіе *диффракціи*, или *уклоненія* \*).

Свѣтовой лучъ есть, слѣдовательно, понятіе отвлеченное, подобно свѣтящейся точкѣ. Такимъ образомъ на чертежѣ первый будемъ изображать геометрической линіей, а вторую—точкой.

Какимъ образомъ мы можемъ направить пучекъ лучей въ желаемое мѣсто? Путемъ *отраженія* и *преломленія* лучей. Въ чемъ состоитъ то и другое, мы тотчасъ убѣдимся изъ весьма простаго опыта. Если свѣтъ, при своемъ распространеніи, не встрѣчается на пути никакой преграды, то онъ никогда не уклоняется отъ прямолинейнаго направленія. Не такъ, если на пути его находится какая-либо преграда, или если прозрачныя тѣла—средины, чрезъ которыя онъ послѣдовательно проходитъ, представляются неоднородными. Въ этомъ легко убѣдиться, наблюдая тоненькій пучекъ лучей (фиг. 120), который шелъ сначала въ воздухѣ, а потомъ встрѣтилъ поверхность воды С. Въ В, гдѣ пучекъ АВ, называемый *падающимъ*, встрѣчаетъ воду, онъ раздѣляется на двѣ части: одна часть возвращается обратно въ воздухъ по направленію ВА<sub>1</sub>, другая переходитъ въ воду и распространяется въ ней по направленію ВА<sub>2</sub>: ВА<sub>1</sub> есть *отраженный лучъ*, а ВА<sub>2</sub>—*преломленный*. Въ этомъ-то раздѣленіи и состоятъ явленія *отраженія* и *преломленія* свѣта \*\*).

Образованіе всякихъ изображеній происходитъ благодаря *отраженію* и *преломленію*. Основываясь на законахъ этихъ явленій, нетрудно въ каждомъ данномъ случаѣ найти форму и положеніе изображенія, причемъ опыты всегда не-

\* *Диффракція*, отъ латинск. слова *diffingo* (диффринго)—разламываю, разбираю.

\*\* Проведемъ изъ точки В прямую линію ВN, во всѣ стороны одинаково наклоненную къ поверхности воды, т. е. *перпендикулярную*, или *нормальную* къ этой поверхности. Опытъ показываетъ, что падающій пучекъ АВ, перпендикуляръ ВN, лучи отраженный ВА<sub>1</sub> и преломленный ВА<sub>2</sub>—все лежатъ въ одной и той же плоскости; кромѣ того, лучи отраженный ВА<sub>1</sub> и падающій АВ образуютъ съ перпендикуляромъ ВN одинаковый уголъ, — т. е. уголъ АВN, называемый *угломъ паденія*, равенъ углу ВNА<sub>1</sub>—*углу отраженія*; преломленный же лучъ лежитъ ближе къ перпендикуляру ВNН', нежели лучъ падающій, что выражаютъ, говоря, что вода есть средина болѣе преломляющая, чѣмъ воздухъ. То же самое относится и въ стеклу.

Если бы падающій лучъ имѣлъ направленіе NB, — перпендикулярное къ поверхности, то одна часть его, не преломившись, стала бы распространяться въ водѣ по направленію ВN, а другая отразилась бы по линіи ВN.

Если въ плоскости лучей, около точки В опишемъ окружность, и изъ точекъ а и а<sub>2</sub> въ которыхъ окружность пересѣкается лучами падающимъ АВ и преломленнымъ ВА<sub>2</sub>, опустимъ на перпендикуляръ ВNН' перпендикуляры аb и а<sub>2</sub>b<sub>2</sub>, то найдемъ, что отношеніе длинъ линій аb къ линіи а<sub>2</sub>b<sub>2</sub> всегда одно и то же, какова бы ни была величина угла паденія ВNН. Это отношеніе, въ нашемъ случаѣ, т. е. при переходѣ луча изъ воздуха въ воду, равно приблизительно  $\frac{4}{3}$  и называется *показателемъ преломленія воды въ отношеніи воздуха*. При измѣненіи срединъ измѣняется и показатель преломленія.

Еслибы падающій пучекъ имѣлъ направленіе А<sub>1</sub>В, то онъ отразился по направленію ВА. Эту зависимость выражаютъ, называя направленія АВ и А<sub>1</sub>В *сопряженными въ отношеніи отраженія*; съ другой стороны, направленія АВ и А<sub>2</sub>В оказываются *сопряженными въ отношеніи преломленія*. Зависимость эту иногда называютъ также *закономъ обратности направленій* лучей. Эту же законъ есть одинъ изъ самыхъ важныхъ въ оптикѣ свѣтовыхъ лучей, иначе—геометрической оптики.

Всѣ падающіе лучи, заключенные въ уголъ СBN, находятся, послѣ преломленія, въ предѣлахъ угла А<sub>2</sub>ВN'. Поэтому, если какой-нибудь лучъ, идущъ изъ глубины, образуя съ перпендикуляромъ ВN' уголъ, болѣе угла А<sub>2</sub>ВN', то изъ воды онъ выйти не можетъ и отражается отъ точки В обратно въ воду, такъ какъ поверхность воды въ отношеніи такихъ лучей играетъ роль плоскаго зеркала. Это явленіе называется *полнымъ внутреннимъ отраженіемъ*.

измѣнно убѣждаетъ насъ въ совершенной точности этихъ законовъ. Займемся сперва изображеніями, получаемыми при помощи отраженія.

Всякая полированная поверхность образуетъ *зеркало*, потому что, отражая свѣтъ, падающій на нее отъ предмета, она даетъ изображеніе этого предмета. Простое наблюденіе показываетъ, что и прозрачныя тѣла обладаютъ способностью отражать свѣтъ настолько, чтобы получались изображенія предметовъ, причемъ изображенія тѣмъ отчетливѣе, чѣмъ ярче освѣщены предметы. По этой причинѣ мы видимъ въ глубинѣ рѣки или колодца, напр., изображенія солнца и звѣздъ; по той же причинѣ мы, сидя въ комнатѣ, видимъ чрезъ оконныя стекла на улицѣ изображенія лампъ, освѣщающихъ комнату.

Употребленіе зеркалъ восходитъ до глубокой древности. Уже въ книгѣ *Исторіи*, напр., читаемъ, что израильскія женщины пользовались мѣдными зеркалами. Въ качествѣ зеркалъ употреблялись также драгоценныя камни, какъ изумрудъ, яшма, обсидіанъ (родъ агата); найдены превосходно сохранившіеся экземпляры такихъ зеркалъ. Нынѣ употребляемое плоское зеркало (изобрѣтеніе котораго приписывается жителямъ Сидона, теперешней Сидны, на восточномъ берегу Средиземнаго моря) состоитъ изъ стекляннаго листа, задняя поверхность котораго покрыта металломъ, — серебромъ, или амальгамой олова (амальгама олова есть ртутный растворъ олова), — называемымъ подвойной, или наводной зеркала. Сначала въ (Уі вѣкѣ) умѣли готовить только небольшія плоскія зеркала. Венеціанцы, большіе мастера въ обработкѣ стекла, впоследствии научились выдувать довольно большія зеркала, но давнѣйшіе не исполнѣ правильныя изображенія, что, какъ увидимъ вскорѣ, объясняется нестрогой плоской поверхностью этихъ зеркалъ. Способъ приготовленія зеркалъ путемъ отливки (т. е. выливанія расплавленнаго стекла на желѣзную доску) найденъ Теваромъ въ 1688 г.; снаты со доски стекло полируютъ съ обѣихъ сторонъ, послѣ чего одна сторона или покрывается амальгамой олова, или по способу Дрейтона (предложенному въ 1860 г.) — сложемъ серебра.

Наибольшее значеніе въ практикѣ имѣютъ плоскія и сферическія (т. е. съ шаровой поверхностью) зеркала.

Если на плоское зеркало *M* упадутъ лучи отъ свѣтящейся точки *A*, то они отразятся отъ зеркала такимъ образомъ, что *имѣ продолженія пресѣкутся въ точкѣ A'*, симметричной съ точкою *A* относительно зеркала (фиг. 119 \*). *A'* есть изображеніе точки *A*. Но въ действительности его не существуетъ — получить его на экранъ нельзя; *мы можемъ видеть его образованнымъ лучами только въ силу своей способности продолжать воспринятые лучи*. Глазъ, слѣдовательно, получаетъ такое впечатлѣніе, какъ будто лучи выходятъ изъ точки *A'*. Поэтому такое изображеніе называется *мнимымъ*.

Зная, какъ получается изображеніе одной свѣтящейся точки въ плоскомъ зеркалѣ, легко понять, что если возьмемъ какое-либо тѣло, то каждая изъ точекъ этого тѣла дастъ свое изображеніе, и отъ совокупности всѣхъ изображеній нашихъ глазъ получитъ такое же впечатлѣніе, какъ отъ непосредственнаго разсматриванія тѣла.

\* Пусть на зеркало падаетъ, напр., лучъ *AB* отъ свѣтящейся точки *A*; этотъ лучъ отразится по линіи *BA'*. По законамъ отраженія, уголъ паденія луча равенъ углу отраженія, и лучъ падающій и отраженный находятся въ плоскости, проведенной чрезъ линіи *AB* и перпендикуляръ *BN*. Зеркало пересѣкается этой плоскостью по линіи *SS'*.

Такъ какъ уголъ *ABS* равенъ углу *A'BS'*, а съ другой стороны, углы *SBA'* и *A'BS'* равны какъ вертикальные, то продолженіе *BA'* отраженнаго луча *BA*, пересѣчетъ перпендикуляръ *ASA'*, опущенный изъ точки *A* на зеркало, въ точкѣ *A'*, находящейся въ одинаковомъ съ точкой *A* разстояніи отъ зеркала. Такъ какъ свѣтящаяся точка *A* имѣетъ опредѣленное положеніе въ пространствѣ, то и положеніе изображенія ея *A'* должно быть одинаковымъ, какой бы лучъ мы ни разсматривали, т. е. продолженія всѣхъ отраженныхъ лучей должны пересѣчься въ точкѣ *A'*.

Глазъ получаетъ впечатлѣнія только тѣхъ отраженныхъ лучей, на пути которыхъ онъ находится. На фигурѣ 119 онъ видитъ изображеніе *A'*, благодаря лучу *BA'*; въ другихъ случаяхъ онъ будетъ видѣть то же изображеніе, благодаря другимъ лучамъ.

Помощью весьма изящнаго и во всемъ доступнаго опыта мы можемъ убѣдиться въ томъ, что изображеніе всегда симметрично предмету относительно зеркала, т. е. что предметъ и его изображеніе находятся въ равныхъ разстояніяхъ отъ зеркала и равны по величинѣ; такъ, если предметъ помѣщается, наприм., на аршинъ впереди зеркала, то изображеніе кажется намъ находящимся на аршинъ позади зеркала. Возьмемъ стеклянное зеркало безъ подкладки (мы уже зна-



Фиг. 120.—Отраженіе и преломленіе свѣта.

емъ, что и въ такихъ зеркалахъ получаютъ изображенія), поставимъ его вертикально, и противъ обѣихъ его отражающихъ поверхностей, на линіи, перпендикулярной къ зеркалу, и въ равныхъ отъ него разстояніяхъ помѣстимъ два совершенно одинаковые подсвѣчники со свѣчами; если зажжемъ свѣчи у одного подсвѣчника, то свѣчи будутъ казаться зажженными и у другого; Для того, чтобы такое явленіе было возможно, конечно, нужно, чтобы изображеніе каждаго пламени образовалось на строго-симметрично расположенномъ фитилѣ. Для

нарушенія иллюзій достаточно уже малѣйшаго неправильнаго перемѣщенія подводничковъ или измѣненія первоначальной формы зажженныхъ свѣчъ.

Симметричностью изображеній пользуются при изученіи рисованія. Установивъ вертикально посрединѣ дощечки стеклянное зеркало безъ подводки, по одну сторону отъ него кладутъ пламя рисунокъ, который требуется скопировать; тогда изображеніе его получается на листѣ бѣлой бумаги, помѣщенномъ по другую сторону отъ зеркала.

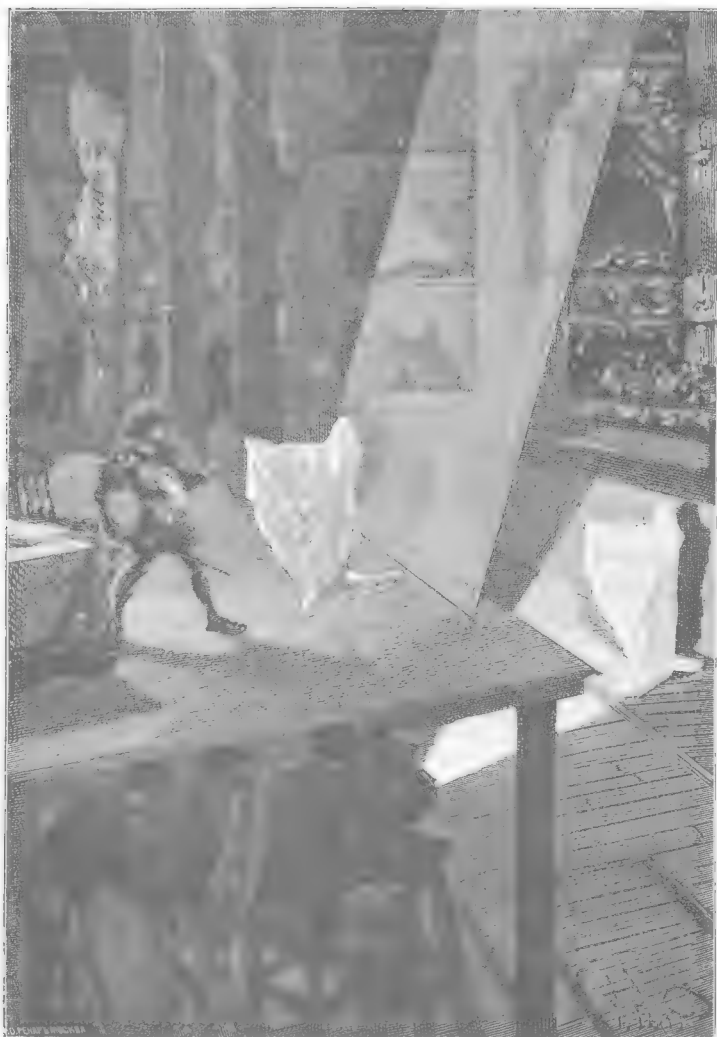
Большими стеклянными зеркаломъ безъ подводки пользуются также для *вызова теней въ театрѣ*. На краю сцены (фиг. 122) ставятъ большое полигона-



Фиг. 121.—Возможенъ ли зеркальный телефотъ?

ное стекло G, наклонивъ его въ сторону зрителей. Въ H помѣщается актеръ, одѣтый въ саванъ и ярко освѣщенный электрической лампой L; лучи, выходящіе изъ H, послѣ отраженія зеркаломъ, идутъ въ глаза зрителей, и послѣдніе видятъ на сценѣ въ H' безплотный духъ. Привидѣніе тотчасъ исчезаетъ, если опуститъ надъ актеромъ занавѣсъ или прекратить освѣщеніе его. Въ то же время публика видитъ прямо чрезъ стекло другихъ находящихся на сценѣ актеровъ, но послѣдніе не видятъ тѣни, такъ какъ помѣщаются позади зеркала.

Зрительныхъ иллюзій существуетъ большое множество. Онѣ основаны, съ одной стороны, на томъ, что мы можемъ направить лучи отъ предмета, послѣ нѣсколькихъ отраженій отъ различныхъ, надлежащимъ образомъ расположенныхъ, зеркалъ, въ желаемое мѣсто, — съ другой, на томъ, что глазъ всегда видитъ предметы по послѣднему направленію, въ какомъ до него доходятъ лучи.



Фиг. 123.—Вещиотний театралний призракъ.

Но въ такомъ случаѣ, можетъ явиться мысль, что при помощи зеркалъ можно построить телефотъ, что для этого было бы достаточно расположить на столбахъ, находящихся въ надлежащихъ разстояніяхъ другъ отъ друга (см. 121), рядъ зеркалъ такимъ образомъ, чтобъ лучи, испускаемые предметомъ, послѣ нѣсколькихъ послѣдовательныхъ отраженій отъ зеркалъ  $m_1 m_2 m_3 m_4$ , проникли въ глаза лица находящагося на пріемной станціи. Къ сожалѣнію, мысль эта неосуществима, во-первыхъ, вслѣдствіе чрезвычайной трудности укрѣпленія и надлежащей установки зеркалъ на значительномъ протяженіи, и во-вторыхъ, вслѣдствіе неизбежнаго ослабленія свѣта при прохожденіи имъ такого большого разстоянія.

Аналогичное этому сочетанію зеркалъ нашло себѣ примѣненіе въ устройствѣ такихъ снарядовъ, какъ *зеркало-шпионъ*, при помощи котораго торговецъ можетъ слѣдить за цѣлостью выставленнаго товара, *полемоскопъ*, *голибная трубка* и т. д.

Полемоскопъ \*) придуманъ въ 1637 г. германскимъ астрономъ Гевеліусомъ. „Этотъ снарядъ,—говоритъ Гевеліусъ,—можетъ быть полезнымъ на войнѣ, особенно при осадахъ, такъ какъ при помощи его можно наблюдать за неприятельскимъ лагеремъ, не рискуя быть замѣченнымъ“. Тутъ лучи отъ отдаленныхъ предметовъ, послѣ отраженія отъ одного зеркала, падаютъ на другое, скрытое въ какомъ-нибудь безопасномъ мѣстѣ, гдѣ находится наблюдатель.

Располагая четыре зеркала  $m_1 m_2 m_3 m_4$  такъ, какъ показано на фигурѣ 123, получаемъ *голибную трубку*—*голибную* потому, что наблюдатель видитъ предметъ О, несмотря на то, что между двумя трубками ТТ, т. е. въ томъ самомъ направленіи, въ которомъ онъ смотритъ, помѣщенъ экранъ Е.

До сихъ поръ мы получали только одно изображеніе предмета, но нетрудно получить сразу множество изображеній.

Если предметъ помѣщенъ между двумя параллельными зеркалами, то лучи, падая съ одного зеркала на другое, будутъ много разъ послѣдовательно отражаться отъ обоихъ; отъ этого получится множество изображеній, лежащихъ на линіи, проведенной чрезъ предметъ перпендикулярно къ зеркаламъ. Если же два зеркала, между которыми находится предметъ, не параллельны, а наклонены другъ къ другу подъ угломъ, то такимъ же образомъ образуется цѣлый рядъ изображеній, расположенныхъ по окружности, центръ которой находится на линіи пересѣченія зеркалъ, и въ плоскости, проходящей чрезъ предметъ перпендикулярно къ зеркалу.

На этомъ основанъ *калейдоскопъ*, придуманный Брустеромъ въ 1817 г.

Калейдоскопъ \*\*) состоитъ изъ двухъ зеркалъ, наклоненныхъ другъ къ другу подъ угломъ и помѣщенныхъ въ картонной трубкѣ. На одномъ изъ концовъ трубки ставятъ въ близкомъ разстояніи одинъ отъ другого два стеклянныхъ кружка—наружный изъ матоваго, а внутренний изъ обыкновеннаго стекла; между стеклами помѣщаютъ кусочки цвѣтнаго стекла или цвѣтной бумаги, которые разсматриваютъ чрезъ малое отверстіе, расположенное на другомъ концѣ трубки. Получаемыя здѣсь изображенія, которыя легко разнообразить, слегка встряхивая трубку, часто образуютъ такіа красивыя сочетанія, что ими пользуются при составленіи рисунковъ для тканей.

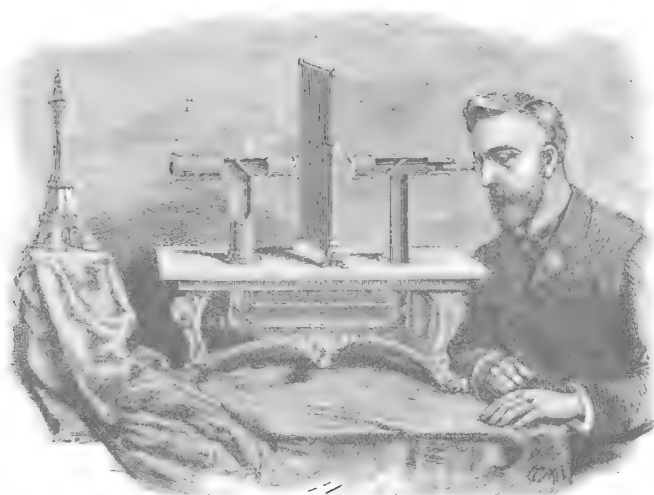
Занимавшее насъ до сихъ поръ плоское зеркало можетъ давать только мнимое изображеніе, по величинѣ всегда равное предмету. Вогнутыя же сферическія зеркала могутъ давать дѣйствительное или мнимое изображеніе, большее, нежели предметъ, или меньшее его, далѣе въ прямомъ или обратномъ видѣ относительно предмета,—все зависитъ отъ относительнаго положенія предмета и зеркала.

\*) *Полемоскопъ*, отъ греч. словъ: *πόλεμος* (полемосъ)—война, и *σκοπέω*—смотрю.

\*\*) Отъ греч. словъ: *κάλος* (калосъ)—красота, *εἶδος* (ейдосъ)—видъ, изображеніе—и *σκοπέω*—наблюдаю.



Основываясь на законах преломления свѣта, мы могли бы опредѣлить напередъ, каково будетъ изображеніе, въ каждомъ данномъ случаѣ. Но лучше обратимся къ опыту.



Фиг. 123.—Оптическій обликъ: волшебная трубка.

Замѣтимъ предварительно, что линія, проходящая черезъ центръ  $O$  и середину  $S$  зеркала, называется *главною оптическою осью* зеркала; точка  $F$ , лежащая на серединѣ линіи  $OS$ , называется *главнымъ фокусомъ*, а  $FS$ —*главнымъ фокуснымъ разстояніемъ*.

Теперь будемъ перемѣщать по направленію оси зеркала каковой-нибудь предметъ, напр., горящую свѣчу, и искать его изображеніе просто глазомъ или стараясь принять его на небольшой экранъ изъ бѣлой бумаги или бѣлой матеріи. Этотъ опытъ дастъ намъ слѣдующіе результаты, которые необходимо помнить для опредѣленія дѣйствія зеркала при данныхъ условіяхъ:

1. Если предметъ помѣщается въ  $AB$ , между главнымъ фокусомъ  $F$  и центромъ  $O$ , то зеркало даетъ изображеніе  $A'B'$ : оно дѣйствительное (т.-е. можетъ быть принято на экранѣ), обратное, увеличенное и всегда находится за центромъ  $O$  (фиг. 124).

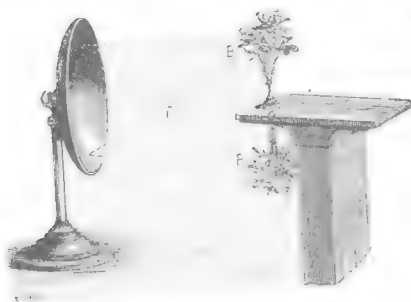


Фиг. 124.—Изображеніе предмета  $AB$ , помѣщенного между центромъ и главнымъ фокусомъ вогнутого зеркала.

Если бы предметъ находился въ  $A'B'$ , то изображеніе было бы въ  $AB$ .

2. Если предметъ помѣщается близъ центра О зеркала, то изображение А'В' дѣйствительное, обратное, *по величинѣ равно предмету* и расположено симметрично съ нимъ по отношенію къ главной оси зеркала. Образование такого именно изображенія лежитъ въ основѣ красивой иллюзіи,—такъ-называемаго *магическаго букета*, который легко получить помощью слѣдующаго расположенія (фиг. 125). Тотчасъ подъ центромъ О зеркала скроемъ за экраномъ опрокинутый букетъ цвѣтовъ, а противъ послѣдняго, надъ центромъ, помѣстимъ въ прямомъ положеніи вазу; тогда зрителямъ будетъ казаться, что они видятъ въ вазѣ настоящій букетъ, хотя въ дѣйствительности его тамъ нѣтъ, а есть только изображение, конечно, неосознаваемое.

3. Въ томъ случаѣ, когда предметъ находится за центромъ, получится то же, что представлено на фигурѣ 124, но въ обратномъ порядкѣ: изображение занимаетъ мѣсто предмета и наоборотъ; изображение въ этомъ случаѣ дѣйствительное, обратное и *уменьшенное*; оно тѣмъ меньше и тѣмъ ближе къ главному фокусу, чѣмъ дальше помѣщенъ предметъ.



Фиг. 125. — Магическій букетъ.  
Изображеніе предмета, помѣщеннаго близъ центра вогну-  
таго зеркала.

кость освѣщенія этой площади необходимо должна быть меньше.

О выпукломъ зеркалѣ многого сказать нельзя; оно всегда даетъ мнимое изображеніе помѣщеннаго противъ него предмета,—прямое и *уменьшенное*, тѣмъ болѣе уменьшенное, чѣмъ *дальше* отъ зеркала находится предметъ; отражая въ такомъ зеркалѣ желаемую группу предметовъ, художникъ можетъ получить миниатюрное изображеніе всей группы, которое въ виду удобства обозрѣнія весьма легко срисовать (фиг. 126).

Такъ какъ изображеніе, даваемое выпуклымъ зеркаломъ тѣмъ меньше, чѣмъ дальше отъ зеркала помѣщается предметъ, то въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ поверхность предмета представляетъ рельефъ, пропорціональности по величинѣ между частями изображенія не существуетъ; такъ, напр., въ изображеніи лица, носъ, находящійся къ зеркалу всего ближе, будетъ представляться слишкомъ большимъ, при сопоставленіи его со лбомъ, ушами и т. д.; предметы будутъ казаться, слѣдовательно, обезображенными.

Въ вогнутомъ зеркалѣ обезображеніе имѣетъ обратный характеръ: когда предметъ помѣщается близко къ зеркалу, относительно меньшими являются, въ изображеніи, именно ближайшія къ зеркалу части, потому что въ этомъ случаѣ мнимое изображеніе должно быть тѣмъ больше, чѣмъ дальше отъ зеркала, въ предѣлахъ между главнымъ фокусомъ и серединой, находится предметъ.

\*) Съ такимъ же главнымъ фокусомъ и такимъ же построеніемъ изображеній мы сейчасъ встрѣтимся, когда будемъ рѣчь о *человѣчискѣ*, въ которыхъ оптический центръ играетъ ту же роль, что центръ О у зеркала.

Въ цилиндрическихъ, коническихъ и другихъ зеркалахъ обезображеніе гораздо значительнѣе и создаетъ любопытное явленіе измѣненія формы, или *аморфоза*, состоящее въ томъ, что неправильное изображеніе даетъ, послѣ отраженія, правильное и наоборотъ.

Сферическія зеркала были уже извѣстны древнимъ, наблюдавшимъ образованіе дѣйствительныхъ и обратныхъ изображеній въ вогнутыхъ зеркалахъ, что видно изъ многихъ мѣстъ сочиненія Сенеки *Естественные вопросы*.

Александрійскій маякъ, построенный въ 283 г. до Р. Х., въ царствованіе Птолемея Филадельфа, киндьяниномъ Состратомъ и считавшійся однимъ изъ семи чудесъ свѣта, имѣлъ на своей вершинѣ (на разстояніи около 830 фут. отъ земли) огромное вогнутое зеркало, дававшее, по словамъ современниковъ, отраженіе кораблей раньше, чѣмъ ихъ замѣчали на горизонтѣ. Это не можетъ казаться удивительнымъ въ виду того, что, во-первыхъ, зеркало, благодаря своей огромной отражающей поверхности, могло собирать весьма большое количество лучей отъ отдаленнаго предмета, — во-вторыхъ, весьма малое изображеніе, произведенное сходженіемъ большого множества отраженныхъ лучей, должно было быть весьма яркимъ, а слѣдовательно, — весьма яснымъ. Этотъ маякъ былъ, такъ сказать, *телефотомъ* древнихъ.

Всѣ занимавшія насъ до сихъ поръ изображенія мы получали путемъ *отраженія* свѣта. Посмотримъ теперь, какъ получаютъ изображенія предметовъ путемъ *переломленія* свѣта въ оптическихъ чечевицахъ и какимъ образомъ, употребляя различныя сочетанія подобныхъ чечевицъ, устриваютъ тѣ или другіе оптическіе приборы.

*Оптической чечевицей* называютъ прозрачное тѣло, ограниченное двумя обыкновенно шаровыми поверхностями \*). Чечевицы извѣстны уже давнымъ-давно. Давидъ Вруотеръ представилъ въ Британскую ассоціацію, 1-го сентября 1852 г., плосковыпуклую чечевицу, сдѣланную изъ горнаго хрустала. Эта чечевица имѣла четыре сантиметра въ толщину, и, повидимому, составляла часть какого-нибудь оптическаго прибора; найдена она была въ Корсабадѣ, близъ развалинъ Ниневіи. Въ 1669 г. нашли стеклянную чечевицу въ одной римской гробницѣ. Далѣе, у Ренана находимъ слѣдующее замѣчаніе о Неронѣ: „Будучи близорукъ, Неронъ обыкновенно слѣдилъ за боемъ гладиаторовъ съ вогнутымъ изумрудомъ въ глазу, соотвѣтствовавшимъ нашему лорнету“ \*\*). Это показываетъ, что нѣкоторыя свойства чечевицъ были извѣстны уже восемнадцатъ столѣтій назадъ. Быть можетъ, Неронъ былъ изобрѣтателемъ монокля (*фиг. 127*) \*\*\*).

Чечевицы, употребляемыя въ настоящее время, изготовляются обыкновенно изъ наилучшихъ сортовъ стекла, именно изъ *кромласа* и *флинтласа* \*\*\*\*).

Форма и размѣры чечевицы зависятъ отъ радіусовъ  $OS$ ,  $O'S'$  ограничивающихъ ее шаровыхъ поверхностей и отъ относительнаго положенія центровъ  $O$  и  $O'$  этихъ поверхностей.

Линія  $OO'$ , проходящая черезъ центры, называется *главною оптическою осью* чечевицы. Всякое сѣченіе чечевицы, сдѣланное по плоскости, проходящей чрезъ главную оптическую ось, называется *главнымъ сѣченіемъ*.

На фигурѣ 128 представлено главное сѣченіе чечевицы, выпуклой съ обѣихъ сторонъ, или *двойноювыпуклой*.

\*) Когда-то такъ называлось, по сходству съ чечевиичнымъ зерномъ, только стекло, ограниченное двумя выпуклыми шаровыми поверхностями; но въ послѣдствіи названіе это распространилось на всякія прозрачныя тѣла, ограниченныя двумя шаровыми или же плоской и шаровой поверхностями.

\*\*) З. Ренанъ. *Антихристъ*, стр. 173. (По Плинію, *Естеств. ист.*, XXXVIII, v).

\*\*\*). Нужно замѣтить, что названное свойство такнхъ изумрудовъ древніе приписывали болѣе ихъ составу, нежели формѣ.

\*\*\*\*). *Кромласъ* отличается большимъ содержаніемъ окиси калія. *Флинтласъ* есть *хрусталь*, т. е. стекло, содержащее окисъ свѣча; онъ имѣетъ слегка желтоватый цвѣтъ. *Кромласъ* приготавливается, примѣрно, изъ 120 частей чистаго (кварцеваго) песка, 35 — поташа, 20 — соды, 20 — жѣлу 1 — бѣлаго мышьяка; во *флинтласѣ* содержится, наприм., 42,5 частей кремнезема, 48,5 — окиси вѣнца, 11 — окиси калія, 48 — глинозема, 0,5 — известя и слѣды бѣлаго мышьяка.

На фигурѣ 129—главное сѣченіе чечевицы, имѣющей одну плоскую, а другую выпуклую поверхность, — *плосковыпуклой*; здѣсь главная оптическая ось есть



Фиг. 126. — Прямое и кривое изображение въ выпуклой линзѣ. Спроецированіе его худож. вѣкомъ.

перпендикуляръ, опущенный изъ центра  $O$  шаровой поверхности на плоскую.

Наконецъ, если центръ обѣихъ пересѣкающихся шаровыхъ поверхностей помѣщается по одну сторону отъ чечевицы, то послѣдняя есть *вогнутовыпуклая* (фиг. 130).

Эти три рода чечевицъ все имѣютъ острые края, т.-е. они толще въ серединѣ, чѣмъ у краевъ, что видно на глазъ и замѣтно на ощупь. Наоборотъ, у чечевицъ, изображенныхъ на фигурахъ 131, 132, 133, середина тоньше, нежели края.

Первая вогнута отъ обѣихъ сторонъ — *двоковогнутая*, вторая — *плосковогнутая*, а третья — *выпукловогнутая*.

Какъ дѣйствуетъ, наприм., двоконковыпуклая чечевица на встрѣчаемая ею лучи? Для того, чтобы видѣть это хорошенько, чтобы устранить мѣшающій посторонній свѣтъ, будемъ производить опытъ въ темной комнатѣ: такъ слѣдуетъ поступать при всякихъ оптическихъ опытахъ.

Пусть на главной оптической оси чечевицы  $L$  помѣщается весьма малое пламя, которое для простоты назовемъ свѣтящейся точкой  $P$  (фиг. 134). Лучи распространяются отъ свѣтящейся точки  $P$  во все стороны; тѣ, которые падаютъ на чечевицу (они только и представлены на фигурѣ 134), образуютъ конусъ, которому вершиной служить точка  $P$ , а основаніемъ — чечевица  $L$ . Нетрудно замѣтить, что эти лучи, — которые мы видимъ благодаря *разсѣянью* (отраженію по всемъ направленіямъ) ихъ носящими въ воздухѣ пылинками, — прошедши чрезъ чечевицу, все встрѣчаются, собираются въ одной точкѣ  $P'$ , лежащей на главной оптической оси. Если теперь, замѣнивъ положеніе точекъ  $P$  и  $P'$ , перемѣстимъ свѣтящуюся точку въ  $P'$ , то лучи, пройдя чрезъ чечевицу, соберутся какъ разъ въ точкѣ  $P$ ; поэтому, точки  $P$  и  $P'$  называются *сопряженными фокусами*.

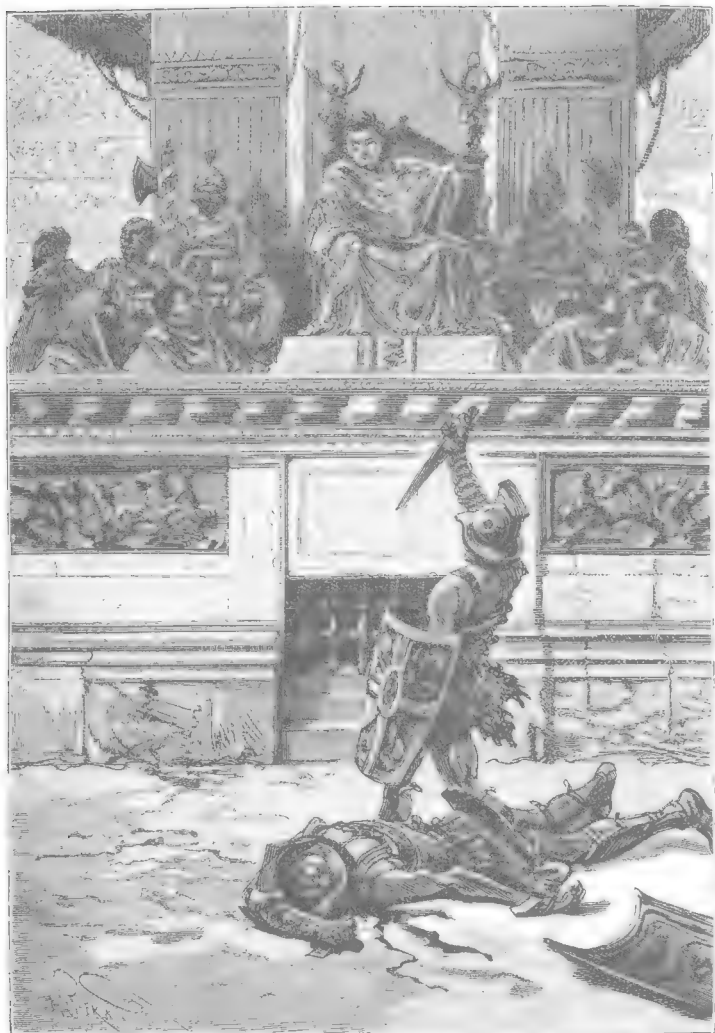
Плоскость, проведенная чрезъ точку  $P$  перпендикулярно къ главной оптической оси, и плоскость, такимъ же образомъ проведенная чрезъ точку  $P'$ , называются *сопряженными плоскостями*.

Какъ показываетъ опытъ, если свѣтящаяся точка  $P$  перемѣщается въ плоскости  $Pp$ , то ея сопряженный фокусъ  $P'$  (который также называютъ изображеніемъ точки  $P$ ), перемѣщается въ плоскости  $P'p$ , при томъ, однако-же, условіи, если свѣтящаяся точка незначительно удаляется отъ оси  $OO'$ .

Съ измѣненіемъ положенія свѣтящейся точки на оси, перемѣщается на послѣдней и изображеніе  $P'$ .

Но замѣчательное дѣло — при известномъ положеніи  $F$ , свѣтящейся точки, изображенія ея  $P'$  уже не существуетъ, такъ какъ лучи, вышедшіе изъ чечевицы, уже не собираются на оси, но идутъ параллельно послѣдней (фиг. 135).

Въ этомъ случаѣ коническій пучекъ лучей  $F_1 L$  превращается чечевицей въ цилиндрическій, параллельный главной оптической оси. Тутъ чечевица об-



Фиг. 127.—Вудучи близорукъ, Неронъ обыкновенно слѣдилъ за боемъ гладиаторовъ съ согнутымъ изумрудомъ въ глазу, соотвѣтствовавшимъ нашему лорнету. (З. Ренанъ, *Антихристъ*).

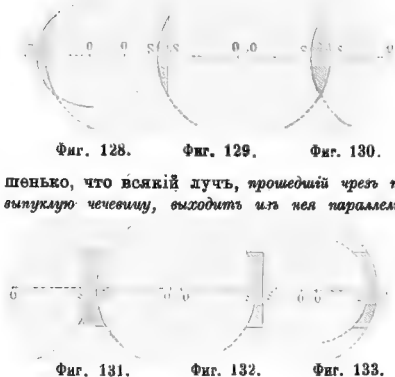
разуетъ то, что называется *коллиматоромъ*; назначение такого коллиматора дѣлать параллельными всѣ лучи, падающіе на него изъ точки  $F_1$ .

Точка  $F_2$ , лежащая по другую сторону чечевицы, обладаетъ тѣми же свойствами, что и точка  $F_1$ . Точки эти названы *главными фокусами*; плоскости, проведенныя чрезъ эти точки перпендикулярно къ главной оптической оси, называются *главными фокусными плоскостями*, а расстоянія этихъ точекъ отъ чечевицы — *главными фокусными расстояніями*.

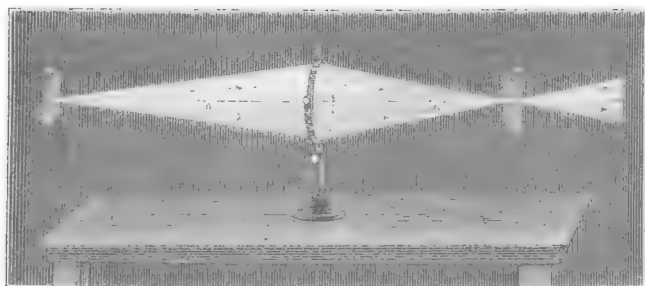
Слѣдуетъ запомнить хорошенько, что всякій лучъ, прошедшій чрезъ точку  $F_1$  (или  $F_2$ ) и выходящій двояковыпуклой чечевицею, выходитъ изъ нея параллельно главной оптической оси. Это первое свойство главнаго фокуса.

Опредѣлимъ теперь положенія главныхъ фокусовъ  $F'_1$  и  $F'_2$  другой чечевицы  $L'$  (фиг. 136), какъ мы это сдѣлали сейчасъ для чечевицы  $L$ ; затѣмъ вставимъ совпасть главныя оптическія оси обѣихъ чечевицъ (это называется

*центрированіемъ* чечевицъ). Если теперь свѣтящаяся точка  $P$  будетъ помѣщена въ главномъ фокусѣ  $F_1$ , то вышедшіе изъ чечевицы  $L$  параллельные лучи,



Фиг. 131. Фиг. 132. Фиг. 133.



Фиг. 134.—Дѣйствіе двояковыпуклой чечевицы. Сопраженные фокусы и сопряженныя плоскости.

пройдя чрезъ вторую чечевицу  $L'$ , соберутся въ главномъ фокусѣ ея  $F'_2$ . Изъ этого вытекаетъ, что всякій лучъ, падающій на двояковыпуклую чечевицу параллельно главной оптической оси, по выйдя изъ чечевицы проходитъ чрезъ тотъ главный фокусъ, который находится на сторонѣ, противоположной той, откуда выходитъ свѣтъ.

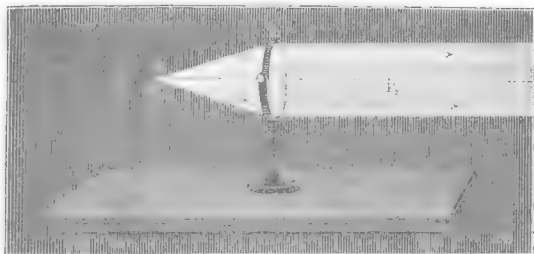
Въ этомъ состоитъ второе свойство главнаго фокуса.

*Маякъ* \*) есть не что иное, какъ спеціальнаго устройства коллиматоръ,

\*) Маячные огни раздѣляются въ настоящее время на семь главнѣйшихъ родовъ: *постоянные*, — чаще всего бывающіе бѣлые, иногда — красные или зеленые; *огни съ затмѣніями*, слѣдующими одно за другимъ черезъ промежутки отъ десяти до шестидесяти секундъ; *застывающіе* — чрезъ промежутки отъ двухъ до четырехъ минутъ; *мерцающіе*, съ затмѣніями, слѣдующими другъ за другомъ чрезъ промежутки менѣе пяти секундъ; *огни поочередно постоянныя и мерцающіе*, — за нѣсколькими весьма частыми вспыхиваніями слѣдуетъ полное затмѣніе; *мигающіе*, — съ короткими и частыми затмѣніями; наконецъ *цѣпные*, — причемъ у однихъ чередуются цѣтя красныя съ бѣлыми, въ другія — за двумя бѣлыми вспыхиваніями слѣдуетъ одно красное. Во Франціи въ настоящее время насчитывается 426 маяковъ, изъ которыхъ 45 первоклассныхъ. Къ послѣднимъ принадлежатъ на-примѣръ, Валь-Иольскій, посылающій свѣтъ на разстояніе  $18\frac{1}{2}$  верстъ.

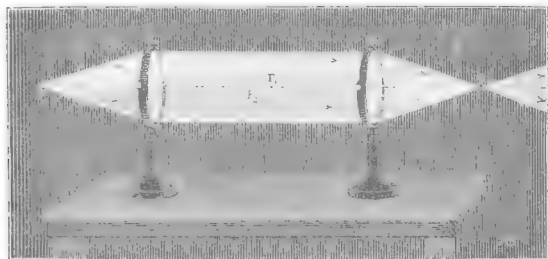
назначеніе котораго—посылать яркій снопъ параллельныхъ лучей по желаемо-  
му горизонтальному направленію.

Маякъ, помѣщающійся на Эйфелевой башнѣ, устроенъ такъ же, какъ и  
маяки, освѣщаю-  
щіе наши берега,  
но дѣйствіе его  
сильнѣе. Источ-  
никомъ свѣта  
тутъ служить по-  
мѣщенная въ  
главномъ фокусѣ  
собирательной си-  
стемы Вольтова  
дуга, которая про-  
изводится элек-  
трическими ма-  
шинами, установ-  
ленными въ юж-  
номъ устьѣ баш-  
ни.



Фиг. 135.—Чечевица, образующая коллиматоръ. Обращеніе коническаго пучка  
лучей въ цилиндрическій.  
(Первое свойство главнаго фокуса).

Названный маякъ состоитъ изъ двухъ стеклянныхъ барабановъ—вну-  
тренняго неподвижнаго А и наружнаго В, могущаго вращаться около верти-



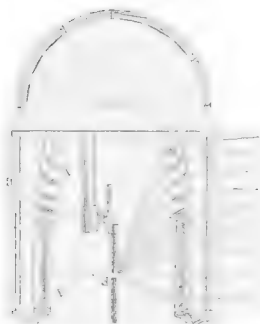
Фиг. 136.—Обращеніе цилиндрическаго пучка лучей  $LL'$  въ коническій— $L'F'_2$ .  
(Второе свойство главнаго фокуса).

кальной оси въ теченіе желаемаго времени. Вращеніе производится посред-  
ствомъ двигателя Грамма. Внутренній барабанъ образуется пятью стеклянными  
плосковыпуклыми кольцами, которыя обращены плоской стороною къ источнику  
свѣта. Кольца эти, какъ видно на разрѣзѣ (фиг. 137), расположены ступенька-  
ми \*). Все рассчитано на то, чтобы лучи выходили изъ колецъ въ видѣ цилинд-  
рическаго снопа.

Такъ какъ такой маякъ посылаетъ свѣтъ во всѣ стороны, то онъ назы-  
вается маякомъ со столбчатымъ огнемъ.

Подвижной барабанъ, ось котораго совпадаетъ съ осью перваго, заключаетъ  
4 одинаковыя системы изъ 3-хъ чечевицъ и 3-хъ цвѣтныхъ стеколъ, окрашива-  
ющихъ проходящіе лучи въ голубой, бѣлый или красный цвѣтъ, такъ что  
лучи, идущіе въ данномъ направленіи, будутъ послѣдовательно голубыми, бѣлыми  
и красными.

\*) Идея ступенчатыхъ чечевицъ принадлежитъ Вюрффу, а Френелевъ она была приимѣнена  
къ устройству маяковъ.



Фиг. 137.—Ступенчатая чечевица въ маякахъ.

Подъ ступенчатыми кольцами помѣщаются пять небольшихъ стеклянныхъ призмъ, дѣйствующихъ, какъ зеркала \*) и направляющихъ свѣтъ, падающій на нихъ изъ F, подъ небольшимъ угломъ къ горизонту.

Призма, расположенная ниже всѣхъ, освѣщаетъ въ предѣлахъ между 700 и 850 саж., слѣдующая—700—950 саж., третья—800—1100 саж., четвертая—1050—2500 саж., пятая—2000—8050 саж.

Въ разстояніи около  $4\frac{1}{2}$  верстъ уже начинается дѣйствіе ступенчатого барабана; онъ виденъ на очень большомъ разстояніи.

Если наблюдатель помѣщается на уровнѣ моря, то онъ можетъ видѣть маякъ, лишь находясь отъ него въ разстояніи менѣе  $62\frac{1}{2}$  вер., потому что лучи, выходящіе изъ вершины Эйфелевой башни, на разстояніи  $62\frac{1}{2}$  верстъ отъ послѣдней дѣлаются уже касательными къ поверхности моря.

Маякъ, помѣщающійся на Эйфелевой башнѣ, видѣли съ шартресскаго кафедральнаго собора (на разстояніи 70 верстъ), съ орлеанскаго кафедральнаго собора (107 верстъ) и даже, какъ говорятъ, съ собора въ Баръ-на-Обѣ (178 верстъ). Маякъ казался настоящей звѣздой.

Подъ поломъ маяка, или прожектора изъ чечевицъ, находятся два зеркальных прожектора полковника Манжена (см. 138). Они дѣйствуютъ еще сильнѣе маяка. Путемъ отраженія бросаемаго



Фиг. 138.—Освѣщеніе облака помощью установленнаго на Эйфелевой башнѣ прожектора Манжена.

\*) Мы уже видѣли, (стр. 115) что лучъ, вступающій въ среду, болѣе преломляющую, нежели воздухъ, какъ, наприм., въ воду, стекло и т. п., можетъ выйти изъ нея лишь въ томъ случаѣ, если онъ съ перпендикуляромъ къ разделяющей поверхности образуетъ не слишкомъ большой уголъ; въ противномъ же случаѣ, лучъ отражается отъ разделяющей поверхности, какъ отъ зеркала.



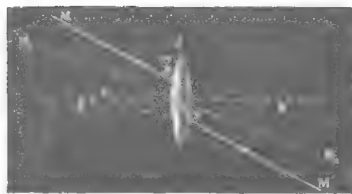
ния снопа лучей отъ облаковъ можно передавать сигналы на разстояніе 280 верстъ. Толщина зеркалъ у этихъ прожекторовъ—3 фута; изготовлены они въ Сентъ-Гобанскихъ мастерскихъ. Источникомъ свѣта служить сильная Вольтова дуга; для того чтобы вѣтеръ не колебалъ дуги, труба, въ концѣ которой установлено зеркало и гдѣ помѣщается дуга, закрыта стеклами.

Прожекторы Манжена употребляются въ военномъ дѣлѣ; они позволяютъ освѣтить горизонтъ въ томъ мѣстѣ, которое желательно осмотрѣть при помощи зрительной трубы.

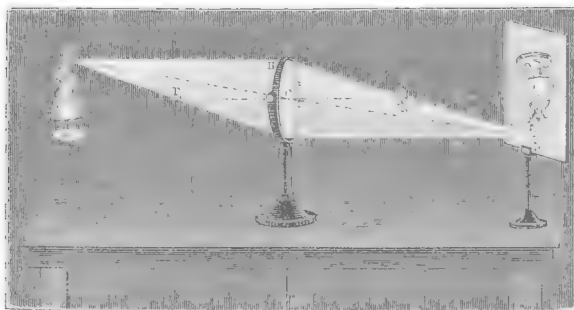
Будучи помѣщены въ передней части судна, они освѣщаютъ ему путь.

Во время Тонкинской войны они употреблялись французскими передовыми отрядами; благодаря имъ, Союзный и Французскій острова могли поддерживать между собой правильныя сношенія.

Вернемся къ нашей чечевицѣ. Заставляя тонкій пучекъ лучей  $MN$  падать на чечевицу  $L$  (фиг. 139) подъ извѣстнымъ угломъ, убѣждаемся въ томъ, что въ ней существуетъ такая точка  $C$ , что всякій, лучъ  $NN'$ , проходящій чрезъ неё, выходитъ изъ чечевицы по направленію  $NM'$ , параллельному  $MN$ , т.-е. направленію луча до входа въ чечевицу. Эта точка называется *оптическимъ центромъ*



Фиг. 139.—Оптический центръ двояковыпуклой чечевицы.



Фиг. 140.—Построеніе изображенія точки въ собирающей чечевицѣ.

чечевицы. Предполагая, что чечевица имѣетъ незначительную толщину (что справедливо для большинства случаевъ), можно безъ ощутительной погрѣшности считать направленіе луча не ломаной линіей  $MNCN'$ , а прямой— $MCN'$ .

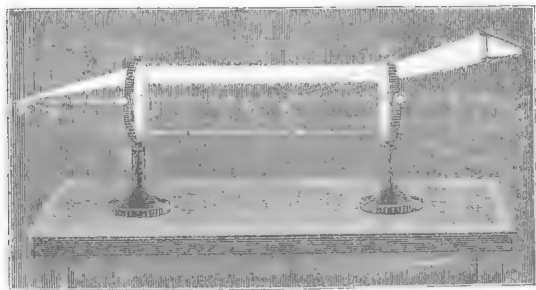
Основываясь на свойствахъ главныхъ фокусовъ и оптическаго центра, легко построить изображеніе любой точки  $P$ , даваемое чечевицей. Гдѣ, наприм., будетъ находиться изображеніе  $P'$  точки  $P$ , даваемое чечевицей  $L$ , главные фокусы которой находятся въ  $F_1$  и  $F_2$  (фиг. 140). Въ какой точкѣ соберутся, пройдя чрезъ чечевицу  $Z$ , всѣ лучи, выходящіе изъ  $P$ ?

Вотъ легкій способъ отыскать ее, основываясь единственно на свойствахъ главныхъ фокусовъ. Между лучами, распространяющимися отъ точки  $P$  по всѣмъ направленіямъ, есть, во-первыхъ, одинъ— $PA$ , проходящій, до вступленія въ чечевицу,

черезъ главный фокусъ  $F_1$  и поэтому выходящій изъ нея параллельно главной оптической оси по направленію  $AA_1$ ; слѣдовательно лучи отъ  $P$  необходимо должны собраться гдѣ-нибудь на этой линіи  $AA_1$ . Во-вторыхъ, существуетъ другой лучъ  $PB$ , падающій параллельно главной оптической оси, а потому проходящій на пути  $BV$  изъ чечевицы черезъ главный фокусъ  $F_2$ ; такимъ образомъ, лучи отъ точки  $P$  должны также собраться гдѣ-нибудь на линіи  $BV$ . Очевидно, что искомая точка, которая должна находиться одновременно на двухъ линіяхъ— $AA_1$  и  $BV$ , должна быть точкой пересѣченія ихъ  $P'$ . Итакъ, изображеніе точки  $P$  находится въ  $P'$ . Чѣмъ дальше отъ чечевицы помѣщается точка  $P$ , тѣмъ ближе къ главной фокусной плоскости  $F_2$  получается ея изображеніе. Такъ какъ предметъ можно представлять себѣ состоящимъ изъ безчисленнаго множества точекъ, то, повторяя указанное построеніе для достаточнаго числа точекъ, получимъ, въ общихъ чертахъ, рисунокъ изображенія предмета.

Если желаютъ воспользоваться оптическимъ центромъ, то рассматриваютъ лучъ  $PC$ , который, въ случаѣ тонкой чечевицы, проходитъ черезъ последнюю безъ преломленія. Лучъ этотъ, также проходящій черезъ точку  $P'$ , называется *побочною осью* для точки  $P$ .

Всѣ чечевицы, толщина которыхъ къ краямъ уменьшается, дѣйствуютъ, какъ двояковыпуклыя—имѣютъ свойство дѣйствительно собирать въ одну точку



Фиг. 141.—Главные мнимые фокусы разсѣивающей чечевицы.

на своей главной оптической оси всѣ параллельные послѣдней лучи. Это—*собирательныя*, или *собирающія*, чечевицы. Ихъ главные фокусы дѣйствительны, лучи собираются въ нихъ на самомъ дѣлѣ.

По выходѣ же изъ чечевицы, у которыхъ толщина къ краямъ увеличивается, лучи, параллельные главной оси, отклоняются отъ послѣдней, расходятся; на оси пересѣкаются уже не сами прошедшіе черезъ чечевицу лучи, а ихъ продолженія по другую сторону чечевицы. Въ этомъ легко убѣдиться, помѣстивъ такую чечевицу  $L'$  на пути пучка параллельныхъ лучей, вышедшихъ изъ чечевицы  $L$ , въ главный фокусъ которой  $F_1$  находится источникъ свѣта, такимъ образомъ, чтобы главныя оси обѣихъ чечевицъ совпали (фиг. 141). Глазъ, помѣщенный предъ  $L'$ , въ силу присущей ему способности продолжать входящія въ него лучи, увидитъ блестящую точку въ  $F'_1$ . Но въ сущности, это обманъ зрѣнія—свѣтящейся точки  $F'_1$  на самомъ дѣлѣ нѣтъ, она мнимая, и принять ее на бѣлый экранъ, помѣщенный въ  $F'_1$ —нельзя.  $F'_1$  есть одинъ главный мнимый фокусъ чечевицы  $L'$ ; очевидно, что у послѣдней долженъ быть и другой—въ  $F'_2$ . Чечевицы, подобныя  $L'$ , называются *разсѣивательными*, или *разсѣивающими*: у нихъ—два главныхъ мнимыхъ фокуса. Существованіе оптическаго центра и у такихъ разсѣивательныхъ чечевицъ точно такъ же легко доказать,



ство пропускаемаго свѣта регулируется диафрагмой, состоящей изъ двухъ пластинокъ, окрѣпленныхъ такъ, какъ вѣтви у ножницъ. Все устроено такимъ образомъ, что яркость изображенія уменьшается одновременно съ его величиной, какъ это происходитъ въ случаѣ удаленія предмета. Стеклянная пластинка, на которой сдѣланъ рисунокъ, прозрачна только въ томъ мѣстѣ, гдѣ находится послѣдній, остальные же мѣста не пропускаютъ свѣта. Зрителямъ, находящимся въ темномъ помѣщеніи и вслѣдствіе этого не имѣющимъ возможности судить о разстояніи, кажется, что изображеніе то приближается къ нимъ, то удаляется.

На употребленіи названнаго скарда основана *фантасмагорія* \*), введенная во Францію фокусникомъ Робертсономъ въ 1798 г. и крайне поражавшая публику, которая видѣла тутъ не интересныя оптическія явленія, а дѣйствіе сверхъестественныхъ силъ.



Фиг. 143.—Приложеніе собирающихъ чечевицъ: волшебный фонарь.

Въ своихъ *Запискахъ* Робертсонъ рассказываетъ, что къ нему безпрестанно приходили юноши, просившіе о вызовѣ тѣни своихъ умершихъ невестъ, жены, желавшіе видѣть своихъ покойныхъ мужей, сироты—своихъ отцовъ и матерей. „Выслушавъ ихъ скорбную повѣсть,—говоритъ онъ,—я старался—и въ большинствѣ случаевъ успѣвалъ—разсѣять ихъ наивное заблужденіе относительно моей волшебной силы. Разъ, однако же, всѣ мои усилія сдѣлать это разбились объ упорство отчаянія одной женщины, мужа которой я зналъ,—онъ былъ регентомъ въ версальской капеллѣ. Неутѣнная жена возмѣтила надежду, что я могу вызвать передъ нею его тѣнь, и положительно помѣшалась на этой надеждѣ. Въ отвѣтъ на мои увѣщанія, она повторяла въ одинъ голосъ: „Неправда, неправда! Вы отказываетесь оттого, что вамъ пріятно мучить меня“. Я видѣлъ, что бѣдняжка готова потерять рассудокъ. Тогда я испросилъ у полиціи разрѣшенія облегчить горе этой женщины путемъ утвержденія ея въ этомъ заблужденіи... Разрушить власть надъ ней этого заблужденія только и

\*) Отъ греч. словъ: *фантасма* и *агора* (агора)—собраніе: собраніе призраковъ.

можно было, обративъ его въ кажущуюся дѣйствительность... Я принялся объяснять ей, что еслибы у меня и оказалась сила исполнить ея желаніе, то, всетаки, она была бы дѣйствительна только одинъ разъ. Я на память набросалъ черты ея мужа, вполне увѣренный въ томъ, что болное воображеніе долѣе портретъ... Дѣйствительно, едва показалась тѣнь, женщина воскликнула: „О, мой мужъ! Мой милый мужъ, я вижу тебя!... Это ты, ты!... Останься! Ради Бога, останься со мной, не уходи!...“ Я подвелъ тѣнь къ самому лицу ея. Она хотѣла встать, обнять ее, но въ этотъ моментъ тѣнь исчезла. Нѣкоторое время женщина была нѣма отъ ужаса, потомъ разрыдалась. Пришедши въ себя, она стала горячо благодарить меня, высказывая увѣренность, что мужъ слышалъ ея слова, видѣлъ ее... Она говорила, что это будетъ для нея утѣшеніемъ въ теченіе всей жизни“.

Знаменитый художникъ Бенвенуто Челлини описалъ въ своихъ *Запискахъ* (кн. III, гл. LXIV—„Священникъ-некроантъ“) странную фантастическую сцену, въ которой онъ самъ былъ однимъ изъ главныхъ участниковъ.

„Я сошелъ, — говоритъ онъ, — съ однимъ сицилійскимъ священникомъ, очень умнымъ чело-вѣкомъ и знающимъ древнихъ греческихъ и латинскихъ авторовъ. Однажды, когда зашелъ разгово-ръ о некроантѣ \*), я сказалъ, что очень интересуюсь этимъ предметомъ, что меня никогда не оставило сильное желаніе проникнуть въ тайны этого искусства. На замѣчаніе священника, что тотъ, кто желаетъ изучить его, долженъ обладать рѣшительнымъ и сильнымъ характеромъ, я отвѣчалъ, что у меня хитрости и рѣшимости, и смѣлости, если представится хотя въ некоторой возмож-ности поучиться. „Если такъ, — сказалъ священникъ, — я доставлю вамъ такую возможность.“ Тогда же составили планъ наученія некроантѣ. Однажды вечеромъ священникъ собралъ удовлетворить мою любознательность и пожелалъ, чтобы я взялъ съ собою одного или двухъ товарищей.

„Я взялъ съ собою двухъ моихъ близкихъ друзей — Ромоли и Гадди, и своего двѣнадцатилѣтняго ученика. Когда мы пришли въ Колоней, священникъ необыкновенно искусно и торже-ственно очертить около насъ кругъ. Затѣмъ поручилъ моимъ друзьямъ жечь благовонныя вещества, онъ передавалъ мнѣ талисманы, приказывалъ обращаться его туда, куда онъ будетъ показывать. Мой юный ученикъ былъ помѣщенъ подъ талисманомъ. Послѣ этого магикъ приступилъ къ своимъ страннымъ заклинаніямъ: называя по именамъ множество нечистыхъ духовъ — начальниковъ различ-ныхъ дьявольскихъ отрядовъ, онъ сталъ вопрошать ихъ именемъ Предѣчнаго на древне-еврейскомъ, латинскомъ и греческомъ языкахъ. Вскорѣ Колоней наполнился демонами. Священникъ сказалъ мнѣ: „Бенвенуто, теперь попроси у нихъ чего хочешь“. Я отвѣчалъ, что желаю бы, чтобы они вернули мнѣ мою Анджелуку. Некроантъ, обратившись ко мнѣ, сказалъ: „Слышалъ-ли ты, какъ они обжа-ли тебѣ, что чрезъ мѣсяцъ ты будешь съ нею?“

„Затѣмъ онъ велѣлъ мнѣ не отходить отъ него ни на шагъ, потому что демоновъ было теперь на цѣлую тысячу болѣе, чѣмъ сколько онъ призывалъ, и они были необыкновенно страшные. Далѣе, онъ говорилъ, что съ ними нужно обращаться мягко, за то, что они откликнулись на мою просьбу, и отпустить ихъ спокойно. Дитя подъ талисманомъ страшно пугалось, говоря что видитъ миллионъ разбойниковъ, желающихъ убить насъ, и четырехъ ужасныхъ гигантовъ, силшихся вор-ваться въ нашъ кругъ. Самъ магикъ, охваченный ужасомъ, старался кроткими и ласковыми увѣ-щаніями удавить демоновъ, а другъ мой Ромоли у благовоной дрожалъ, какъ осинный листъ. Я всѣми силами старался ободрить своихъ товарищей, хотя въ дѣйствительности ужасался больше всѣхъ: видя страшную бѣдноту магика, я въ глубинѣ души считалъ себя погибшимъ чело-вѣкомъ. Ребенокъ пожималъ голову между колѣнами и сталъ кричать: „Я умру въ этомъ положеніи! Мы всѣ пропадемъ!...“ Я сказалъ ему: „Не бойся, это явныя существа. Все, что ты видишь, исче-нетъ, какъ дымъ, пропадетъ, какъ тѣнь...“ Затѣмъ я велѣлъ ему поднять голову и ободернись. Но чутъ поднявъ голову, онъ закричалъ: „Весь амфитеатръ горитъ! Огонь идетъ прямо на насъ!“ Затѣмъ онъ закрылъ лицо руками и снова вскричалъ: „Мы непремѣнно погибнемъ!... Не хочу видѣть ихъ, не хочу!...“ Священникъ умилялъ меня не падать духомъ и велѣлъ жечь ладанъ. Я приказалъ Ромоли поскорѣ бросить ладанъ въ огонь. Затѣмъ, обратившись къ Гадди, замѣтилъ, что онъ стоитъ какъ окаменѣлый, какъ помѣшанный, ничего предъ собой не видя... „Гадди, — обратился я къ нему, — въ подобныя случаи показывать страхъ — недостойно мужчинъ: надо стараться сохра-нить мужество.“ Послѣ этихъ словъ ребенокъ сталъ поднимать голову пожимать и нежно успо-коился, говоря что всѣ демона обращаются въ стремительное бѣгство.

„Такъ мы оставались до тѣхъ поръ, пока не стали звонить къ заутрѣнѣ. Дитя сказала намъ, что осталось уже всего нѣсколько демоновъ, а остальные далеко. Наконецъ, когда некроантъ со-вершилъ послѣднія церемоніи, снялъ бывшее на немъ для этого случая одѣяніе и собралъ большую груду книгъ, принесенныхъ мнѣ, мы всѣ вмѣстѣ вышли изъ круга, держась тѣсно одинъ около другого. Когда мы возвращались домой, дитя говорила, что двое изъ видѣвшихся нами въ Колоней демоновъ скажутъ и плюнутъ испредъ насъ, по крышамъ домовъ. Священникъ заявлялъ, что ни-когда еще не случилось ему видѣть такихъ удивительныхъ вещей.“

\*) Некроантѣ (греч. слово) означ. вызваніе умершихъ.



Фиг. 144.—Изобрѣтеніе телескопа (по преданію) дѣтми одного продавца очковъ въ Миддельбургъ въ 1590 г.

Одно непредвиденное обстоятельство, именно ссора съ флорентинскимъ купцомъ Бенедетто, принудило художника бѣжать изъ Рима. Овъ прибылъ въ Неаполь и тамъ встрѣтился со своей Анжеликой. „Упоенный восторгомъ,—говоритъ онъ (гл. LXVIII, „Навѣщенная Анджеллика“),—я вспоминаю, что со дня общаго, давняго мнѣ дежонажа, прошелъ ровно мѣсяцъ. Пусть тѣ, которые обращались къ мнѣ, судятъ о томъ, отъ какихъ напастей спасло меня providenza!“

Давидъ Брустеръ, въ своихъ *Письмахъ о натуральной маии*, утверждаетъ, что Бенвенуто Челлини, вмѣстѣ съ своими товарищами, былъ просто-на-просто жертвой оптического обмана, устроеннаго посредствомъ волшебнаго фонаря или фантаскопа, или же помощью вогнутыхъ зеркалъ. Намъ, разумѣется, остается только присоединиться къ мнѣнію Брустера, но уже встаетъ замѣтить, что къ современнымъ притиждитаторамъ секретъ подобныхъ поразительныхъ фокусовъ, повидимому, не перешелъ...

Существуетъ естественная оптическая чечевица,—это *хрусталикъ*—одна изъ важнѣйшихъ составныхъ частей глаза: изображенія вышнихъ предметовъ даются именно хрусталикомъ. Въ нормальномъ глазу положеніе его всегда таково, что изображеніе проектируется на днѣ глаза, на своего рода экранѣ, называемомъ *сетчатой оболочкой* (также *сетчаткой*, *рѣтиной* \*). Эта оболочка образуетъ конечный развѣтвленіемъ того изъ головныхъ нервовъ, который служитъ для передачи мозгу свѣтовыхъ впечатлѣній,—именно *зрительному нерву*. Нетрудно убѣдиться, что на днѣ глаза дѣйствительно получаютъ изображенія вышнихъ предметовъ. Для этого нужно только, вынувъ глазъ у только-что убитаго животнаго и очистивши его отъ прикрѣпленныхъ къ нему мышцъ и окружающаго его жира, а также истончивъ одѣвающую большую его часть непрозрачную оболочку, или *склеротику*,—присавить его къ узкому отверстию, отдѣланному въ ставнѣ темной комнаты; понятно, что глазъ этотъ долженъ быть открытъ и обращенъ къ свѣту.

Въ этомъ опытѣ мы убѣждаемся также въ томъ, что предметы рисуются на *сетчаткѣ* въ обратномъ видѣ, что и слѣдовало предвидѣть, имѣя въ виду вышеизложенные законы построения изображеній.

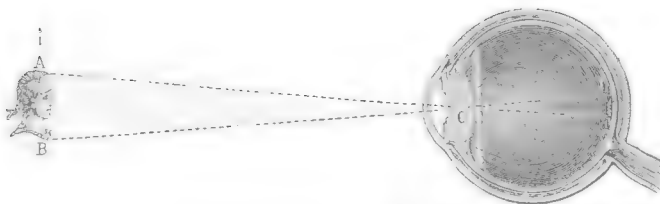
Но если въ глазу получаются обратныя изображенія, то почему же, спрашивается, мы видимъ предметы въ прямомъ видѣ? Необходимо признаться, что это пока совершенно неизвѣстно. Одни допускаютъ, что причина этого лежитъ въ постепенномъ пріобрѣтаемой глазомъ привычкѣ относить изображеніе всякой точки къ настоящему мѣсту послѣдней. Другіе полагаютъ, что, такъ какъ *есть предметы* даютъ въ глазу обратныя изображенія, то у насъ нѣтъ нормы для сравненія. Наконецъ, третья гипотеза состоитъ въ томъ, что мозгъ отмѣчаетъ преломленіе направленіе лучей, достигающихъ *сетчатой оболочки*, благодаря чему и возможно правильное представленіе о точкахъ первоначальнаго выхода лучей, иначе говоря,—о настоящемъ положеніи предмета.

Впечатлѣніе, произведенное изображеніемъ на *сетчатку*, не исчезаетъ тотчасъ, но продолжается еще нѣкоторую долю секунды по удаленіи предмета. Вотъ почему, быстро вращая раскаленный уголь или горящую спичку, мы видимъ непрерывную огненную окружность. Если привести во вращательное движеніе кругъ, различныя части котораго окрашены въ разныя цвѣта, то послѣдствіе соляются и дадутъ впечатлѣніе того цвѣта, какой получается отъ омѣшенія этихъ цвѣтовъ. На этомъ именно свойствѣ глаза—сохранять нѣкоторое время полученное впечатлѣніе—основано устройство игрушки, извѣстной подъ названіемъ *стробоскопа*, или *фенакистикона*.

\*) Если хрусталикъ слишкомъ сильно преломляетъ лучи,—т.-е. если его главное фокусное разстояніе меньше, чѣмъ въ нормальномъ глазу, что бываетъ въ случаѣ болѣе выпуклости его,—то изображеніе получается *передъ сетчаткой*: такъ бываетъ у *близорукихъ* людей. Этого недостатка можно исправить, помѣщая передъ глазомъ рассеивающую, т.-е. *вогнутую* чечевицу, которая, уменьшая склонность лучей, переноситъ изображеніе на *сетчатку*. Если, наоборотъ, хрусталикъ плосче нормальнаго, вслѣдствіе чего не обладаетъ достаточными собирающими свойствами, то изображеніе получается *позади сетчатки*: такъ бываетъ у *дальнозоркихъ*. Въ этихъ случаяхъ зрѣніе исправляется помощью очковъ, состоящихъ изъ собирательныхъ, т.-е. *выпуклыхъ* стеколъ.

Скажемъ нѣсколько словъ о *случайныхъ, послѣдовательныхъ, или субъективныхъ изображеніяхъ*. Всякому, безъ сомнѣнія, приходилось замѣчать, что послѣ пристального разсматриванія какого-либо ярко-освѣщеннаго предмета, окрашеннаго въ известный цвѣтъ, получается ощущение другого цвѣта. Такъ, напр., если нѣсколько времени смотреть пристально на хорошо освѣщенный бѣлый рисунокъ, а потомъ перевести глаза на бѣлый картонъ или на равномерно освѣщенный бѣлый потолокъ, то увидимъ черное изображеніе рисунка. Зеленый предметъ при тѣхъ же условіяхъ даетъ красное изображеніе, желтый — фіолетовое. Предметъ является при этомъ въ неизмѣнной формѣ, но всегда бываетъ окрашенъ въ „дополнительный цвѣтъ“, т.-е. въ тотъ, который, въ соединеніи съ цвѣтомъ рисунка, даетъ бѣлый цвѣтъ. (См. фигуру 1-ю опыта, въ концѣ книги).

Для объясненія явленія „случайныхъ изображеній“ предложено множество теорій, но ни одну изъ нихъ нельзя признать вполне удовлетворительною. Мы упоминаемъ только о теоріяхъ Дарвина и Плато. По Дарвину, часть сѣтчатки, утопленная однимъ цвѣтомъ, становится нечувствительною къ лучамъ этого цвѣта, и потому способна получать впечатлѣнія только лучей его дополнительнаго цвѣта. По Плато, сѣтчатка, такъ сказать, противопоставляетъ производимому



Фиг. 145.—Зрѣніе: изображение вѣшняго предмета на сѣтчаткѣ.—С—хрусталикъ.

на нее впечатлѣнію—впечатлѣніе противоположнаго характера, которое продолжается еще нѣкоторое время послѣ исчезновенія первичнаго впечатлѣнія. Такимъ образомъ, глазъ видитъ черный цвѣтъ послѣ бѣлаго, бѣлый — послѣ чернаго, зеленый—послѣ краснаго и т. д., что ведетъ къ восстановленію его фзіологическаго равновѣсія, нарушеннаго первичнымъ впечатлѣніемъ.

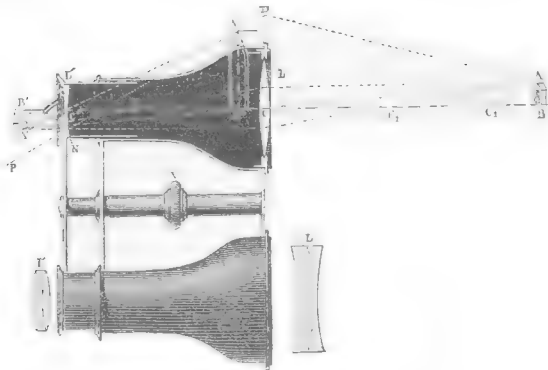
Въ своемъ *Учебникѣ рисовальнаго искусства* Шарль Бланъ разсказываетъ, что великій художникъ Эженъ Делакруа, работая однажды надъ разрисовкой желтой драпировки, пришелъ въ отчаяніе оттого, что не могъ придать ей желаемаго блеска. „Боже мой!“—говорилъ онъ себѣ: какъ же поступали Рубенсъ и Веронезъ, умѣвшіе подбирать такіе предестные желтые цвѣта и придавать имъ такую яркость?“—Онъ рѣшилъ поѣхать въ Лувръ и послалъ за экипажемъ. Это было въ 1890 г. Въ то время въ Парижѣ было множество кабріолетовъ, окрашенныхъ въ канареечно-желтый цвѣтъ; ему привели такой кабріолетъ. Собираясь уже поѣхать въ экипажѣ, Делакруа вдругъ остановился: къ величайшему своему удивленію, онъ замѣтилъ, что желтая окраска экипажа бросаетъ на тѣнь фіолетовый отблескъ. Отпустивъ извозчика и вернувшись въ свою мастерскую, глубоко взволнованный художникъ тотчасъ же примѣнилъ къ своей работѣ только-что открытое, а именно, что тѣнь отбрасываемая предметомъ данной окраски всегда слегка окрашивается въ дополнительный цвѣтъ, — явленіе, особенно хорошо замѣтное въ тѣхъ случаяхъ, когда солнечный свѣтъ не отличается особенной яркостью и фонъ, воспринимающій тѣнь, позволяетъ видѣть дополнительный цвѣтъ.

Теперь разберемъ, отчего предметы кажутся намъ тѣмъ меньше, чѣмъ болѣе они удалены отъ насъ.



Голова АВ даетъ на сѣтчаткѣ изображеніе  $a b$  (фиг. 145). Если АВ будетъ все болѣе и болѣе удаляться, то уголъ АСВ будетъ уменьшаться вмѣстѣ съ изображеніемъ  $a b$ . Оттого-то удаленные предметы кажутся намъ гораздо меньше находящихся вблизи насъ. Уголъ АСВ, подъ которымъ глазъ видитъ предметъ АВ, называется *угломъ зрѣнія*. Отъ величины этого угла зависитъ величина изображенія на сѣтчаткѣ, а слѣдовательно, *подробность зрѣнія*. Это основной фактъ. Въ предметахъ, видимыхъ подъ одинаковыми углами и равно освѣщенныхъ, мы различаемъ одинаковое количество подробностей, мелочей, — независимо отъ величины предметовъ; только болѣе большой предметъ виденъ при этомъ на болѣешемъ разстояніи.

Построить телескопъ—значитъ именно сдѣлать такое сочетаніе чечевицъ и зеркалъ, которое, будучи помѣщено между глазомъ и разсматриваемымъ удаленнымъ предметомъ, дало бы намъ возможность видѣть этотъ предметъ такъ



Фиг. 146.—Ходъ лучей въ Галилеевой трубѣ.—Винюкль.  
Ахроматическіе объективъ L и окуляръ L'.

же подробно, какъ еслибы онъ приблизился къ намъ; другими словами, дѣйствіе подобной системы должно заключаться въ томъ, чтобы глазъ видѣлъ въ сущности, уже не самый предметъ, а его изображеніе, но подъ болѣе широкимъ угломъ зрѣнія.

Существуетъ легендарный разсказъ, по которому телескопъ изобрѣтенъ дѣтми одного продавца очковъ изъ Миддельбурга, главнаго города Зеландіи (въ Нидерландахъ). Случайно разсматривая флюгеръ на соседней колокольнѣ чрезъ два стекла, сложенные вмѣстѣ такимъ образомъ, что къ флюгеру было обращено собирательное, а къ глазу—разсѣивающее стекло, они увидѣли флюгеръ вблизи отъ себя и въ увеличенномъ видѣ (фиг. 144). Они разсказали объ этомъ отцу, которому, для устройства перваго телескопа, оставалось лишь надлежащимъ образомъ вдѣлать такую пару чечевицъ въ трубку. Большинство авторовъ называютъ этого продавца очковъ Гансомъ Липперсгейемъ. Мы же, пользуясь указаніями одного французскаго ученаго XVII столѣтія, теперь совершенно забытаго, исправимъ эту легенду и восстановимъ права настоящаго изобрѣтателя телескопа.

Пьеръ Борель, лейбъ-медикъ и совѣтникъ Людовика XIV, членъ академіи наукъ, оставилъ, въ числѣ прочихъ трудовъ, весьма любопытное сочиненіе, озаглавленное: *Объ истинномъ изобрѣтателѣ телескопа*. Сочиненіе это, внушенное автору любовью къ истинѣ, написано въ 1655 г., т.-е. всего только черезъ шестьдесятъ лѣтъ послѣ изобрѣтенія телескопа. Благодаря своимъ обширнымъ свя-

зямъ, Пьеръ Борель, конечно, могъ найти объ интересовавшемъ его предметѣ наиболѣе точные документы. Въ виду этого мы должны обратиться къ нему, къ его книгѣ, посвященной „сенату и народу миддельбургскимъ“.

Выразивъ предварительно удивленіе и сожалѣніе по поводу того, что настоящее имя изобрѣтателя, котораго воѣ страны считаютъ своимъ, въ сущности, еще никому неизвѣстно,—доказавъ далѣе, что изобрѣтеніе не принадлежитъ ни Галилею, ни голландцу Меціусу, ни соотечественнику послѣдняго, Корнелию Дребелю, — Борель говоритъ (гл. XII, „О настоящемъ имени изобрѣтателя“): „Изобрѣтателемъ телескопа былъ *Захарій Янсенъ*, весьма искусный оптикъ въ Миддельбургѣ (въ Зеландіи). Въ 1590 г. онъ (не случайно), приставилъ къ глазамъ два стекла для очковъ, именно вогнутую и выпуклую чечевицу; заключивъ затѣмъ эти чечевицы въ трубку, онъ изобрѣлъ такимъ образомъ телескопъ. Къ этимъ опытамъ его привело страстное желаніе открыть тайны оптики, съ которою онъ былъ превосходно знакомъ. Напрасно поэтому Декартъ, къ стыду науки, жалуется, что это столь практически важное и столь удивительное изобрѣтеніе сдѣлано случайно, а не явилось результатомъ методическихъ изслѣдованій. Совершенно напротивъ, слѣдуетъ считать вполне доказаннымъ, что миддельбургскій мастеръ пришелъ къ изобрѣтенію телескопа путемъ многихъ изысканій. Устроенныя имъ сначала трубы, имѣвшія шестнадцать дюймовъ длины, онъ поднесъ князю Морицу Саксонскому и ерцгерцогу Альберту, о чемъ свидѣтельствуя приводимые ниже источники. За эти телескопы ему было выдано приличное вознагражденіе, но въ то же время его попросили не распространять своего изобрѣтенія, для того, чтобы названные князья одни могли пользоваться ими для военныхъ цѣлей. Движимый любовью къ отечеству, онъ свято хранилъ свою тайну. Вотъ почему изобрѣтатель телескопа такъ долго оставался неизвѣстенъ. Нѣсколько времени спустя Захарій Янсенъ изобрѣлъ и микроскопъ, какъ это явствуетъ изъ нижеслѣдующаго“. Въ подтвержденіе своихъ словъ Пьеръ Борель приводитъ множество свидѣтельствъ, исходящихъ отъ авторитетныхъ лицъ. Изъ всѣхъ ихъ видно, что *изобрѣтеніе телескопа, въ 1590 г., а затѣмъ и микроскопа, дѣйствительно принадлежатъ Захарію Янсону*.

Въ книгѣ Пьера Бореля находимъ два гравированныхъ портрета. Подъ однимъ надпись: „*Захарій Янсенъ, первый изобрѣтатель*“; подъ другимъ подписано: „*Гансъ Липпергей, второй изобрѣтатель*“. Этотъ „второй изобрѣтатель“, котораго Борель называетъ „Липпергеємъ“, а не „Липперсгеємъ“, былъ фабрикантъ очковъ въ Миддельбургѣ, но родиной его былъ Везель (въ Пруссіи). Изъ *Архивовъ города Ганс* видно, что Липпергей обратился, 2-го октября 1606 г., съ прошеніемъ къ Нидерландскимъ Генеральнымъ Штатамъ о выдачѣ ему привилегіи на sprzeda, „позволяющей видѣть вдаль“. Штатами было отказано просившему въ выдачѣ привилегіи, на томъ основаніи, „что нѣкоторымъ лицамъ уже знакомо подобное изобрѣтеніе, сдѣланное ранѣе“. Такимъ образомъ мы можемъ считать вполне установленнымъ тотъ фактъ, что настоящимъ изобрѣтателемъ телескопа былъ *Захарій Янсенъ*. Этотъ первый телескопъ, надолго сохранившій названіе *батаской*, или *голландской трубы*, въ настоящее время называется *Галилеевой трубой*. Дѣйствительно къ концу 1608 г. Галилею удалось угадать способъ устройства увеличительной голландской трубы, вѣсегъ объ изобрѣтеніи которой дошла до него. Помощью такой трубы онъ открылъ спутниковъ Юпитера, солнечныя пятна, горы на лунѣ, фазы Венеры и т. д. Открытія эти такъ быстро слѣдовали одно за другимъ, что Галилей, для оповѣщенія ихъ ученому міру, счелъ необходимымъ основать специальное періодическое изданіе — *Звѣздный Вѣстникъ*.

Фигура 146 показываетъ ходъ свѣтовыхъ лучей, выходящихъ изъ какой-либо точки предмета, и образованіе изображеній въ наипростѣйшій Галилеевой трубѣ. Для большей ясности мы изобразили на рисункѣ и предметъ АВ, хотя въ дѣйствительности онъ весьма удаленъ отъ трубы. Собирательная чечевица I, обращенная къ предмету и первая принимающая посылаемые имъ лучи, называется здѣсь, какъ во всѣхъ прочихъ оптическихъ снарядахъ, *объективомъ*,

т.-е. предметной чечевицей. Разсѣвающая чечевица  $L'$  обращенная къ глазу, называется *окулярномъ*, т.-е. главной чечевицей\*).

Гдѣ образуется изображеніе точки  $A$ ? Еслибъ у насъ была только одна чечевица  $L$ , то проведя, во-первыхъ, лучъ  $AC$ , который, пройдя чрезъ оптический центръ чечевицы выходитъ изъ нея безъ преломленія, и, во-вторыхъ, лучъ  $AF_1$ , который, пройдя чрезъ главный фокусъ собирательной чечевицы, выходитъ изъ нея параллельно главной оси  $F_1F_2$ , — мы, увидѣли бы, что изображеніе точки  $A$  получается въ  $A'$ . Такимъ образомъ объективъ дадеъ бы дѣйствительное и обратное изображеніе предмета въ  $A'B'$ . Но такого изображенія не образуется, если на пути лучей будетъ помѣщена разсѣвающая чечевица  $L'$ . Положимъ, что послѣдняя расположена такимъ образомъ, что ея главный фокусъ  $f_2$  находится впереди того изображенія  $A'B'$ , какое далъ бы одинъ объективъ. Куда же теперь перемѣстится названное изображеніе? Чтобы узнать это, рассмотримъ сперва лучъ  $AF_1$ , который падаетъ на чечевицу  $L'$  параллельно ея главной оси  $f_1f_2$ . Лучъ этотъ, по выходѣ изъ чечевицы, отклоняется отъ оси по направленію  $NP$ , но мы знаемъ, что его продолженіе  $Nf_1$  должно пройти чрезъ главный фокусъ  $f_1$ . Слѣдовательно, изображеніе точки  $A$  должно перемѣститься въ какую-нибудь точку на линіи  $Nf_1$ , составляющей продолженіе луча  $NP$ . Далѣе, замѣтимъ, что, такъ какъ лучъ  $ADC'$ , проходящій чрезъ оптический центръ  $C'$  разсѣвающей чечевицы, выходитъ изъ нея безъ преломленія, по направленію  $C'A'$ , то изображеніе точки  $A$  должно, слѣдовательно, одновременно перемѣститься также въ какую-нибудь точку на продолженіи луча  $C'A'$ . Стало быть, изображеніе точки  $A$  должно находиться въ  $A''$  — на пересѣченіи продолженныхъ направлений лучей  $NP$  и  $C'A'$ . Глазъ, помѣщенный у  $C'$  и по присущей ему способности продолжающій входящіе въ него лучи, увидитъ въ  $A''A$  изображеніе всего предмета  $AB$ . Но это изображеніе не дѣйствительное, а мнимое, потому что на пространствахъ  $A'B$  находятся пересѣченія не самихъ лучей, а ихъ геометрическихъ продолженій.

Если предположить, что круглое отверстіе въ радужной оболочкѣ глаза, или *зрачокъ* помѣщается весьма близко отъ точки  $C'$ , то, безъ чечевицы, предметъ  $AB$  будетъ виденъ подъ угломъ  $ACB$ ; рассматривая же предметъ съ помощью чечевицы, глазъ увидитъ его въ  $A''B$  подъ гораздо большимъ угломъ  $A''CB'$ . Слѣдовательно, зрѣніе въ послѣднемъ случаѣ будетъ гораздо болѣе подробнымъ. Чечевицы производятъ такое дѣйствіе, что глазъ какъ будто перемѣщается въ точку  $C_1$ , гораздо ближе къ предмету, вслѣдствіе чего послѣдній виденъ уже подъ угломъ  $AC_1B$ , равнымъ углу  $A''CB'$ .

Около 1611 г. тщательное изученіе оптическихъ чечевицъ привело Кеплера\*\*) къ принципу построенія *астрономической*, или *тѣлесной трубы*, а также *земной*, мало разнающейся отъ первой. Но впервые устроены были эти снаряды германскимъ астрономомъ, иезуитомъ Шейнером\*\*\*).

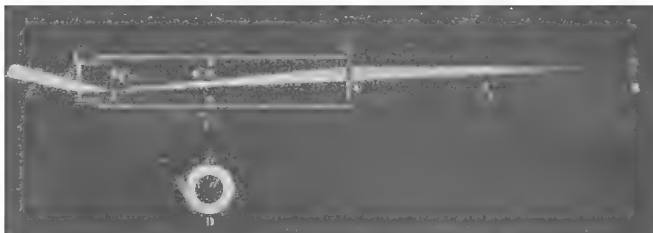
На фигурѣ 147 представлена, въ простѣйшемъ видѣ, астрономическая труба. У нея и объективъ  $L$ , и окуляръ  $L'$  — оба собирательные;  $F_1$  и  $F_2$  суть главные фокусы объектива, а  $f_1$  и  $f_2$  — таковыя же окуляра. Изображенія  $A'B'$  и  $A''B''$  образуются согласно извѣстнымъ намъ законамъ, которыхъ мы не станемъ здѣсь повторять. Прослѣживая ходъ лучей, выходящихъ изъ точки  $A$ , читатель легко замѣтитъ, что  $A'B'$  есть дѣйствительное и обратное изображеніе предмета  $AB$ , даваемое объективомъ  $L$ , а  $A''B''$  — мнимое и обратное изображеніе, образованное лучами, прошедшими чрезъ окуляръ  $L'$ . Послѣднее изображеніе и видитъ глазъ.

\*) Отъ лат. слова *oculus* (окуляръ) — глазъ.

\*\*) Кеплеръ одинъ изъ творцовъ новой астрономіи, родился въ Магштатѣ (въ Вюртембергѣ) въ 1571 г., ум. въ Ратисбонѣ 15-го ноября 1630 г.;\*\* въ юности помогая своему отцу, содержавшему пшеничный трактаръ; авторъ знаменитыхъ астрономическихъ сочиненій: *Представленія, Гармонія, Новая астрономія*; къ числу сдѣланныхъ имъ открытій принадлежитъ то, что орбиты планетъ представляютъ собою эллипсы, въ одномъ изъ фокусовъ которыхъ находится солнце.

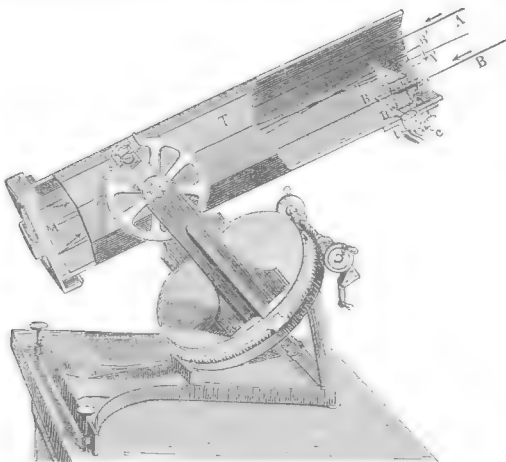
\*\*\*) Шейнеръ, германскій астрономъ, род. въ Швейбѣ въ 1575 г., ум. въ Нейсѣ (въ Силезіи) въ 1650 г.; оснанивалъ у Галлея честь открытія солнечныхъ пятенъ.

Если зрачокъ помѣщается въ  $C'$ , то глазъ видитъ изображеніе  $A''B''$  подъ угломъ  $A''C'B''$ , гораздо большимъ сосѣднѣго съ нимъ угла  $ACB$  (сосѣднѣго, — потому что  $C$  отстоитъ близко отъ  $C'$  по сравненію съ разстояніемъ  $BC$ ), подъ какимъ онъ увидѣлъ бы  $AB$ , разсматривая эту весьма малую линію безъ помощи чечевицы.



Фиг. 147. — Ходъ лучей въ небесной трубѣ.

Для астрономическихъ наблюденій обратность изображеній не составляетъ никакого неудобства, но она является совершенно нежелательной при разсматриваніи земныхъ предметовъ, наприм., какого-нибудь отдаленнаго монументальнаго сооруженія или пейзажа. Для полученія изображеній въ прямомъ видѣ въ на-



Фиг. 148. — Ходъ лучей въ телескопѣ Ньютона.

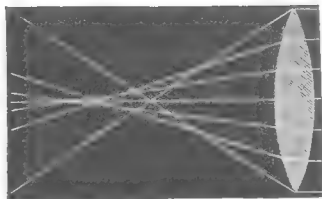
стоящее время употребляютъ предложенную уже капуциномъ *Рейтой* (въ XVII ст.) систему изъ двухъ собирательныхъ чечевицъ, надлежащимъ образомъ расположенныхъ между объективомъ и окуляромъ. Этимъ путемъ астрономическая труба обращается въ *земную*, или *подзорную*.

Такова теорія телескоповъ, состоящихъ изъ однихъ чечевицъ, или такъ-называемыхъ *зрительныхъ трубъ*.

Сферическія зеркала, подобно чечевицамъ, также даютъ изображенія,

мѣщенныхъ предъ ними предметовъ. Вогнутыя сферическія зеркала, какъ мы видѣли, дѣйствуютъ, какъ собирательныя чечевицы. Поэтому у итальянскаго іезуита Цукки въ 1616 г. явилась мысль замѣнить объективъ у зрительной трубы, состоящей изъ собирательной чечевицы, вогнутымъ сферическимъ зеркаломъ. Изобрѣтеніе это названный ученый приписываетъ себѣ въ своей книгѣ, изданной въ Людѣ въ 1692 г. Такимъ образомъ телескопъ, состоящій изъ чечевицы, былъ обращенъ въ *зеркальный телескопъ*. Телескопами преимущественно и называютъ, особенно во Франціи, такіе зеркальные телескопы. Впервые такіе телескопы были устроены, однако, гораздо позже, а именно въ 1668 г. шотландцемъ Грегори и въ 1672 г. профессоромъ шартрской коллегіи Кассегреномъ.

Ньютонъ въ своемъ телескопѣ расположилъ части слѣдующимъ образомъ (фиг. 148). Вогнутое зеркало, служащее объективомъ, помѣщается въ М, въ концѣ трубы Т. Оно могло бы дать въ А'В' дѣйствительное и обратное изображеніе предмета АВ; но, не давая получиться здѣсь этому изображенію, Ньютонъ отражаетъ его отъ помѣщеннаго на пути расходящихся лучей плоскаго зеркала или призмы съ полнымъ внутреннимъ отраженіемъ *т*. Рассматриваютъ это изображеніе чрезъ собирательный окуляръ, который помѣщается въ трубѣ *t* сбоку трубы Т, обращенной своимъ отверстіемъ къ наблюдаемому предмету. Такимъ образомъ, положеніе наблюдателя здѣсь таково, что онъ совершенно не преграждаетъ пути лучамъ, идущимъ въ орудіе, такъ какъ онъ помѣщается сбоку, а не прямо передъ объективомъ, какъ въ *телескопъ Гершеля*. Въ этомъ послѣднемъ, гдѣ, какъ видно изъ рисунка (фиг. 155), наблюдатели помѣщаются въ чемъ-то вродѣ клѣтки, какъ разъ въ отверстіи трубы, чрезъ которое падаетъ свѣтъ отъ рассматриваемыхъ небесныхъ свѣтилъ.



Фиг. 149.—Образованіе каустической (фокусной) поверхности въ чечевицѣ.

Простымъ глазомъ предметъ былъ бы видимъ подъ весьма малымъ угломъ напротавъ, его изображеніе А'' В'' въ телескопѣ видимо, какъ въ предъидущихъ случаяхъ, подъ гораздо большимъ угломъ А''' С' В'''. Отношеніе между углами зрѣнія, подъ которыми прямолинейный предметъ АВ видимъ черезъ телескопъ съ одной стороны, и невооруженнымъ глазомъ, съ другой, называется *линейнымъ увеличеніемъ* данного телескопа. Если первый уголъ болѣе втораго въ тридцать разъ, то увеличеніе телескопа равно тридцати. Такого именно увеличенія достигъ Галилей. Ясно, что поверхностное увеличеніе въ этомъ случаѣ составляетъ тридцать разъ тридцать, или девять сотъ. Въ настоящее время существуютъ телескопы съ полезнымъ линейнымъ увеличеніемъ до двухъ тысячъ разъ.

Употребляемые нынѣ телескопы въ дѣйствительности имѣютъ не такое простое устройство, какое мы описали. Дѣло въ томъ, что чечевицы и зеркала представляютъ извѣстные недостатки, именно различнаго рода *аберрацію* \*), которую необходимо исправить для полученія ясныхъ изображеній. Прежде всего, замѣтимъ, что, свѣтъ, кажущійся намъ бѣлымъ, въ дѣйствительности, какъ показавъ великій Ньютонъ \*\*), состоитъ изъ различныхъ цвѣтныхъ лучей, среди которыхъ преобладающими являются: *красные, оранжевые, желтые, зеленые, голубые, синіе и фиолетовые*. Такъ какъ эти различные лучи, при прохожденіи чрезъ чечевицу, при-

\*) Отъ лат. слова *aberratio* (аберраціо)—уклоненіе, удаленіе.

\*\*) Исаакъ Ньютонъ, англійскій математикъ, физикъ и астрономъ, род. въ Уулсфорпѣ 25-го декабря 1642 г., ум. 20-го марта 1727 г.; авторъ многочисленныхъ трудовъ, въ томъ числѣ *Математическихкихъ началъ естественной философіи* — его лучшей славы; въ этомъ сочиненіи изложено его великое открытіе — *законъ всемирнаго тяготѣнія*.

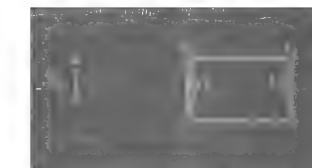
нимаютъ не строго-одинаковое направлѣніе, то эта послѣдняя даетъ красное, оранжевое и пр. изображенія предмета, въ точности между собой не совпадающія. Явленіе это называется *хроматической* \*) *абберацией* чечевицы. Въ этомъ отношеніи зеркала имѣютъ преимущество предъ чечевицами: они лишены названнаго недостатка—не даютъ радужныхъ изображеній.

Чечевицамъ, особенно имѣющимъ большіе размѣры, присущъ еще другой недостатокъ; именно, лучи, выходящіе изъ одной точки Р, пройдя чрезъ чечевицу, не собираются строго въ одну точку Р', а пересекаются во многихъ точкахъ, образуя такимъ образомъ нѣкоторую поверхность; эта поверхность называется *каустическою* \*\*, или *фокусною*. Фигура 149 изображаетъ пучекъ лучей, образовавшихъ такую каустическую поверхность, по выходѣ изъ большой чечевицы, на которую они упали параллельно главной оптической оси. Этого рода aberrация известна подъ названіемъ *сферической aberrации*. Не производятъ ея только плоскія зеркала. Въ другихъ зеркалахъ легко наблюдать образованіе такой каустической

поверхности въ любой моментъ (фиг. 150): достаточно положить на листъ бѣлой бумаги металлическое кольцо, перстень, чтобы увидѣть, обрисовывающуюся на бумагѣ каустическую поверхность, соответствующую отражающей поверхности кольца. Точно такъ же, на поверхности молока, кофе, вообще какой-нибудь непрозрачной жидкости, не до краевъ наполняющей полированную чашку, мы наблюдаемъ каустическую поверхность, происшедшую отъ пересѣченія лучей, отраженныхъ незанятою частью внутренней поверхности чашки.

Естественно, что строители телескоповъ стремились устранить въ своихъ снарядахъ недостатки, происходящіе отъ хроматической и сферической aberrации. Ньютонъ полагалъ, что невозможно устранить хроматической aberrации чечевицы, не уничтоживъ въ то же время и дѣйствія послѣдней на направлѣніе лучей. У Леонарда Эйlera \*\*\*)

замѣтившаго, что хрусталикъ глаза ахроматиченъ, т.-е. не даетъ цвѣтного изображенія, явилась мысль о возможности приготовленія искусственныхъ ахроматическихъ чечевицъ, для чего имъ даже даны правила, около 1859 г. Въ 1857 г. англійскій оптикъ Доллондъ, пытаясь опытнымъ путемъ опровергнуть правила Эйlera, самъ вскорѣ убѣдился въ ихъ справедливости: результатомъ его проверочныхъ работъ было изготовленіе первыхъ ахроматическихъ чечевицъ. Ихъ готовятъ, склеивая собирательную чечевицу—обыкновенно плоско-выпуклую, изъ *кронгласа*—съ рассеивающей—выпукловогнутой, изъ *флинтгласа*, напримѣръ. Путемъ правильного подбора стеколъ оптики могутъ получать то или



Фиг. 151.—Окуляръ Рамдена

иное сочетаніе, имѣющее желаемое главное фокусное разстояніе и лишенное хроматической и сферической aberrации. Цѣль эта достигается безъ особеннаго труда въ виду существованія въ подобной парѣ достаточнаго количества измѣняе-

\*) Отъ греч. слова *χρῶμα* (хрома)—цвѣтъ.

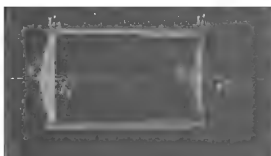
\*\*) Отъ греч. слова *καυστικός* (каустичесъ)—жгучій, такъ какъ на этой поверхности вѣсть со свѣтомъ сосредоточивается и теплота.

\*\*\*) Эйлеръ, геометръ, род. въ Базелѣ 15-го апрѣля 1707 г., ум. въ С.-Петербурѣ 7-го сентября 1783 г.; авторъ *Механики*, *Новой теоріи свѣта* и др. сочиненій.



Фиг. 152.—Галилей, определяющій увеличеніе своей трубы.

мыхъ элементовъ. Такимъ-то именно путемъ и приготовляются объективы для зрительныхъ трубъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ, напр., въ Галилеевой трубѣ, чечевицы составляютъ изъ трехъ стеколъ, чѣмъ обезпечивается еще большая ясность изображеній. Безъ подобной предосторожности, абберация въ Галилеевой трубѣ, при значительной величинѣ объектива и часто большимъ приближеніи наблюдаемыхъ предметовъ, была бы весьма велика, благодаря чему получались бы весьма несовершенныя изображения. Такимъ образомъ, въ Галилеевой трубѣ имѣется шесть стеколъ, склеенныхъ по три и образующихъ, съ одной стороны, объективъ, а съ другой—окуляръ. Этотъ послѣдній, какъ замѣчено выше обладаетъ расфокусирующими свойствами.



Фиг. 153.—Окуляръ Гюйгенса.

Въ 1671 г. капуцинскому монаху Шерубену пришла мысль, устроить пару, параллельно расположенныхъ Галилеевыхъ трубокъ—по одной для каждого глаза; нашъ современный бинокль есть не что иное, какъ такая же, но болѣе усовершенствованная, двойная Галилеева трубка, состоящая изъ двѣнадцати стеколъ (фиг. 146).

Во всѣхъ прочихъ телескопахъ ахроматическимъ дѣлается только объективъ; что же касается до окуляра, то онъ состоитъ изъ двухъ собирательныхъ—плосковыпуклыхъ чечевицъ, которыя могутъ быть расположены различнымъ образомъ. Смотря по цѣли, употребляютъ окуляръ Рамодена, устроенный въ 1782 г., или окуляръ Гюйгенса, устройство котораго относится къ 1656 г. Слѣдуетъ однако-же замѣтить, что первая мысль объ устройствѣ окуляра изъ двухъ отдѣльныхъ стеколъ, дѣйствующаго лучше, нежели окуляръ, состоящий изъ одной чечевицы  $L'$ , или Кеплеровъ окуляръ, принадлежитъ Кампани \*).

Окуляръ англійскаго оптика Рамодена (фиг. 151) состоитъ изъ двухъ одинаковыхъ плосковыпуклыхъ чечевицъ  $L_1$  и  $L_2$ , шаровыя поверхности которыхъ обращены одна къ другой; главное фокусное расстояние у обѣихъ чечевицъ одинаковое, а относительное расположеніе ихъ таково, что расстояние между ними  $C_1C_2$  составляетъ двѣ трети этого фокуснаго расстоянія. Дѣйствительное изображение, даваемое объективомъ, получаютъ въ  $\Delta B$ , между главнымъ фокусомъ  $f_1$  и оптическимъ центромъ  $C'$  чечевицы  $L_1'$ , и рассматриваютъ черезъ окуляръ  $L_1$  и  $L_2$ .

Окуляръ Гюйгенса (фиг. 153) также состоитъ изъ двухъ плосковыпуклыхъ чечевицъ  $L_1$  и  $L_2$ , обѣ плоскія поверхности которыхъ обращены къ глазу наблюдателя; у большей— $L_1$ , первой на пути лучей, идущихъ отъ объектива, фокусное расстояние нѣсколько болѣе расстоянія  $C_1C_2$  между чечевицами; напротивъ, меньшая чечевица  $L_2$  имѣетъ фокусное расстояние, нѣсколько меньшее расстоянія  $C_1C_2$ . Этотъ окуляръ принимаетъ лучи, идущіе отъ объектива, разнѣ, чѣмъ могло бы образоваться даваемое этимъ послѣднимъ изображеніе; другими словами, расположеніе окуляра таково, что главный фокусъ объектива находится между  $C_1$  и  $C_2$ , такъ какъ изображеніе весьма удаленнаго предмета, даваемое объективомъ,—въ нашемъ случаѣ, объективомъ,—должно лежать въ главной фокусной плоскости послѣдней. Короче говоря, съ помощью окуляра Рамодена наблюдаютъ предметъ, или, что то же, его дѣйствительное изображеніе; посредствомъ окуляра же Гюйгенса мы рассматриваемъ изображеніе, въ дѣйствительности передъ окуляромъ необразующіяся. По этой причинѣ окуляръ перваго рода часто называютъ также положительнымъ, а окуляръ Гюйгенса — отрицательнымъ.

Всѣмъ извѣстно, что, приступая къ наблюденію, вдвигаютъ или вы-

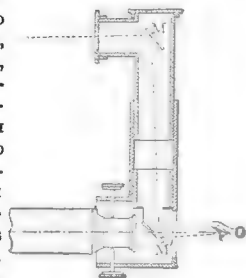
\*) Кампани, итальянскій астрономъ XVIII в.; устроилъ длинные телескопы, посредствомъ которыхъ открылъ пятна на Юпитерѣ.



двигаютъ трубку, въ которую заключенъ окуляръ, до тѣхъ поръ, пока изображеніе не сдѣлается совершенно яснымъ. Въ этомъ именно состоитъ приемъ *приведенія изображенія въ фокусъ*. Последнее различно для различныхъ наблюдателей, имѣющихъ различное зрѣніе. Взявъ для примѣра астрономическую трубу, съ окуляромъ Рамодена, разяснимъ вкратцѣ нѣкоторые весьма употребительные въ оптикѣ термины. Прежде всего, замѣтимъ, что *полемъ зрѣнія* даннаго снаряда называется то пространство, въ предѣлахъ котораго долженъ находиться предметъ для того, чтобы быть видимымъ черезъ снарядъ, — разумѣется, при неподвижности послѣдняго, такъ какъ перемѣщая его, очевидно, легко наблюдать любой предметъ. Какъ было сказано выше, изображенія весьма удаленныхъ предметовъ образуются за объективомъ въ главной фокусной плоскости послѣдняго. Эта плоскость находится впереди окуляра Рамодена, служащаго для рассматриванія изображенія. Крайнія точки поля видны неявно, вследствие того, что лучи, идущіе отъ нихъ къ объективу, только частью попадаютъ на окуляръ. Лучи эти задерживаютъ помѣщенной въ главной фокусной плоскости объектива зачерненной пластинкой, снабженной въ серединѣ надлежащей величиною отверстіемъ; пластинку эту называютъ *диафрагмой*, *D* (фиг. 147). Этимъ путемъ поле зрѣнія, правда, уменьшася, но зато оно рѣзко ограничивается изображеніемъ контура отверстія диафрагмы, даваемымъ окуляромъ, и обеспечиваетъ одинаково ясныя изображенія всѣхъ точекъ, заключающихся въ его предѣлахъ. Часто въ диафрагмѣ натягиваютъ перпендикулярно одну къ другой двѣ весьма тонкія нити *a* и *b* (латиновыя или латунныя), составляющія такъ-называемую *сетку* трубы. На рисункѣ она представлена подъ астрономической трубой (фиг. 147). Точка пересѣченія нитей называется *перекресткомъ*. Прямая линія, проходящая черезъ оптический центръ *C* объектива и перекрестъ *d*, называется *оптической осью* трубы. Если рассматривать весьма удаленную точку *A*, то ея изображеніе, даваемое объективомъ, получится въ мѣстѣ пересѣченія фокусной плоскости послѣдняго лучемъ, прошедшимъ, на пути изъ *A*, черезъ оптический центръ объектива. Перемѣщая трубу такъ чтобы увидѣть изображеніе точки *A* на перекрестѣ *d* сетки, мы заставляемъ линію, проходящую черезъ *C* и точку *A*, совпасть съ оптической осью *Cd*. Приемъ этотъ называется *визированіемъ* точки *A* при помощи трубы, въ виду чего оптическую ось часто называютъ *визирной*, или также *коллимационной линіей*. При перемѣщеніи предъ окуляромъ бѣлаго экрана вдоль оси трубы, находимъ для послѣдняго такое положеніе, при которомъ на немъ обрисовывается небольшой, но весьма свѣтлый кругъ. Этотъ кругъ представляетъ собой изображеніе объектива, даваемое окуляромъ; слѣдовательно, черезъ него проходятъ всѣ лучи, идущіе отъ объектива къ окуляру; его называютъ *малымъ кругомъ*, такъ какъ именно въ этомъ мѣстѣ долженъ быть помѣщенъ глазъ наблюдателя для того, чтобы послѣдній могъ ясно обозрѣвать все поле зрѣнія: это достигается въ силу того, что всѣ лучи, заключающіеся въ полѣ зрѣнія трубы, проходятъ черезъ этотъ кругъ. Указанное положеніе обозначаютъ плоскимъ металлическимъ колечкомъ, — такъ называемымъ *маломъ*.

Какимъ образомъ производится измѣреніе увеличенія телескопа, увеличенія данной зрительной трубы?

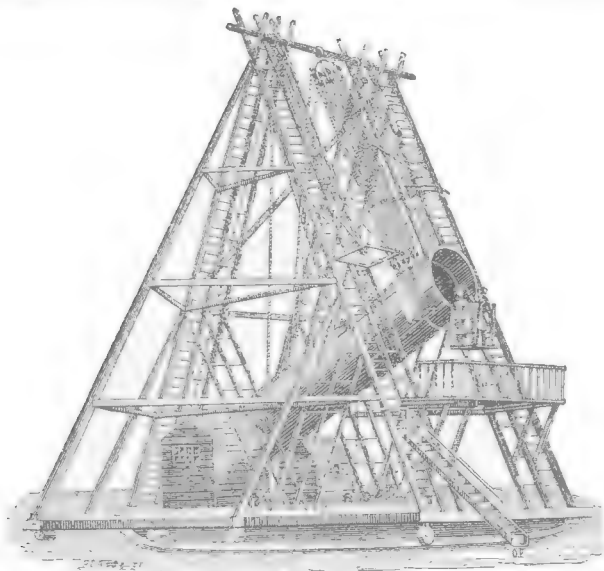
Галилей \*) прибѣгалъ къ весьма простому приему. Онъ визировалъ какой-



Фиг. 154. — Камералара Пулледя для опредѣленія увеличенія телескопа.

\*) Галилео-Галилей, итальянскій математикъ, физикъ и астрономъ, род. въ Пизѣ въ 1564 г., ум. въ Аретри 19-го января 1642 г. Устройство изъ въ 1608 г. телескопа только на

набудь отдаленный предметъ, напр., званіе съ правильными рядами или, лучше, линейку съ равными дѣленіями, причемъ однимъ глазомъ разсматривалъ линейку черезъ трубу, а другимъ—наблюдалъ ту же линейку непосредственно. Тогда для опредѣленія увеличенія ему только нужно было сосчитать, сколько одно дѣленіе, видимое черезъ трубу, закрываетъ дѣленій, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ. Этотъ способъ немного утомителенъ, въ виду того, что смотрѣть такимъ образомъ, не отводя глазъ въ теченіе вѣсколькихъ минутъ—довольно трудно;



Фиг. 155. —Телескопъ Гершеля.

кромя того, труба въ нѣкоторыхъ случаяхъ закрываетъ масштабъ отъ невооруженнаго глаза.

Разсматривая однимъ и тѣмъ же глазомъ и линейку, и ея изображеніе, Пулле избѣгаетъ этихъ неудобствъ. Онъ поступаетъ слѣдующимъ образомъ. Предъ трубой онъ помѣщаетъ трубку, въ которую заключено два плоскихъ зеркала  $M$  и  $M'$  (фиг. 154), наклоненныхъ другъ къ другу подъ угломъ въ  $46^\circ$ ; лучи, идущіе отъ линейки, отражаются сперва отъ  $M$ , а затѣмъ отъ  $M'$ , такъ что глазу, помѣщенному въ  $O$ , кажется тогда, будто онъ видитъ линейку по направленію  $OM'$ , т.-е. по направленію оси трубы; такъ какъ при этомъ зеркало  $M'$  въ одномъ мѣстѣ лишено подводки, то глазъ чрезъ эту часть зеркала въ то

основаніи слуховъ, дошедшихъ до него изъ Миддельбурга, относится ко времени его пребыванія въ Венеціи. Его собственныя наблюденія побудили его выступить въ защиту положеній польскаго астронома Николая Коперника (1473—1543) относительно движенія земли вокругъ своей оси и ея періодическаго движенія вокругъ солнца. Передъ судомъ инквизиціи, въ 1633 г., въ возрастѣ 70 лѣтъ, Галилей вынужденъ былъ торжественно отречься отъ своихъ убѣжденій слѣдующимъ образомъ: „Меня заподозрѣли въ ереси за мое мнѣніе о томъ, что солнце неподвижно, а земля движется... Нынѣ я отрекаюсь, прокланяю и отвергаюсь отъ вышесказанныхъ грѣховныхъ и еретическихъ мнѣній и вообще отъ всякой ереси“... и т. д. Существуетъ преданіе, что, вставая, Галилей топнулъ ногою о землю и проговорилъ про себя: „А все-таки она движется!“

же самое время видить и изображение линейки, даваемое трубой; такимъ образомъ одно изображение накладывается на другое, и наблюдателю остается только сосчитать, сколько одно увеличенное дѣленіе закрываетъ неувеличенныхъ дѣленій линейки. Это—такъ называемый *пріемъ съ камерой кларой*, или *камерой люцидой* \*). Обратившись къ фигурамъ 147 и рассмотримъ построение изображенія, точно такъ же убеждаемся въ томъ, что увеличеніе трубы тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше главное фокусное расстояние объектива и чѣмъ меньше такое же окуляра; съ другой стороны, наблюдаемое изображение будетъ тѣмъ болѣе, освѣщено, чѣмъ болѣе свѣта падаетъ отъ предмета на объективъ. Въ виду этого всегда старались устраивать объективы съ большимъ фокуснымъ расстояніемъ и большимъ діаметромъ. Такъ, въ телескопѣ, построенномъ Гершелемъ \*\*) въ періодѣ 1785—1789 гг. для своей Слауской обсерваторіи (близъ Виндзора въ Англіи), зеркало имѣло фокусное расстояние приблизительно въ 89 фут., а діаметръ почти въ 5 фут., его линейное увеличеніе достигало 6000; но на практикѣ, полезное увеличеніе не можетъ превышать 2000.

Еще болѣе значительные размѣры имѣетъ телескопъ, построенный жордомъ Россомъ въ Беррѣ (въ Ирландіи), въ паркѣ собственнаго замка. Въ этомъ снарядѣ фокусное расстояние равно почти 55 фут., а діаметръ около 6 фут. Онъ позволяетъ ясно видѣть на лунѣ пространство въ 280—260 фут., а между тѣмъ луна находится отъ насъ въ разстояніи 865 тысячъ верстъ.

Зеркала первыхъ телескоповъ отливались изъ бронзы, содержащей одну часть олова на двѣ части мѣди. Изготовленіе ихъ было сопряжено съ большими затрудненіями и представлялось весьма нелегкимъ въ виду трудности полученія вполнѣ однороднаго сплава; кромѣ того, будучи очень тяжелыми, они требовали колоссальныхъ, чрезвычайно громоздкихъ устройствъ, балокъ и канатовъ, какъ это показываетъ изображеніе телескопа Гершеля (фиг. 155). Зеркало въ телескопѣ Лорда Росса одно вѣситъ слишкомъ 280 пуд., а жѣлѣзная труба, въ которую оно заключено,—свыше 865 пуд.

Большой прогрессъ въ устройствѣ объективныхъ зеркалъ произошелъ въ 1857 г., благодаря Леону Фуко \*\*\*). Въмѣсто тяжелыхъ бронзовыхъ они стали употреблять болѣе легкія стеклянныя зеркала съ посеребренною вогнутою поверхностью, которая по краямъ оглаживается такимъ образомъ, что принимаютъ параболическую форму, т.-е. такъ, что устраняется всякая сферическая aberrация. Покрываніе зеркала тонкимъ слоемъ серебра, образующимъ отражательную поверхность, производится способомъ, открытымъ Штейнгейлемъ въ Мюнхенѣ,

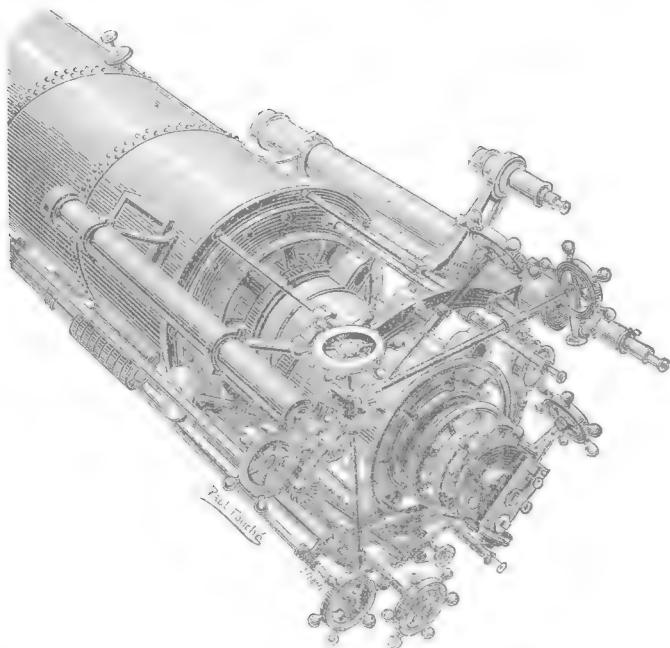
\*) Вотъ другой, болѣе простой способъ. Инструментъ точно направляютъ на какой-либо достаточно удаленный предметъ; вѣтѣмъ предъ окуляромъ помѣщаютъ кусокъ растительной простѣивающей, для пересѣиванія рисунковъ) бумаги и находятъ для него такое положеніе, при которомъ свѣтлый кругъ, даваемый на бумагѣ окуляромъ, представляется наиболѣе яркимъ, послѣ чего намѣряютъ діаметръ этого изображенія помощью тонкаго циркуля или линейки—десятиметра раздѣленной на миллиметры; искомое увеличеніе будетъ равно діаметру объектива, раздѣленному на діаметръ названнаго изображенія. Для болѣе точности, бумагу прикладываютъ въ видѣ двѣ изъ картонной трубочки, которая надѣвается на окуляръ. Изображенію можно, благодаря этому, придать устойчивое положеніе чѣмъ облегчается производство его намѣренія (*Астрономия*, № 5, 1890 г.).

\*\*) Вильямъ Гершель, астрономъ, род. въ Ганноверѣ въ 1738 г., ум. 23-го августа 1822 г. Вначалѣ былъ учителемъ музыки и органистомъ, впоследствии поселился въ Англію, гдѣ поступилъ на мѣсто регента капеллы въ Галифаксъ. Удачно построивъ телескопъ и открывъ при помощи его Сатурнъ, онъ почувствовалъ сильное влеченіе къ астрономіи, и въ 1781 г. открылъ планету Уранъ. Онъ самостоятельно открылъ 2,500 туманныхъ пятенъ. Наука обязана ему весьма цѣнными наблюденіями. Важнѣйшее его сочиненіе—*Звѣздный каталогъ*, результатъ совмѣстныхъ трудовъ—самого астронома и сестры его—Карилины Гершель.

\*\*\*) Жанъ-Вернаръ-Леонъ Фуко, французскій физикъ, род. въ Парижѣ 18-го сентября 1819 г., умеръ 13-го февраля 1868 г.; авторъ многочисленныхъ, въ высшей степени важныхъ трудовъ, изъ которыхъ упомянемъ объ его опытахъ надъ сравненіемъ электрическаго свѣта съ солнечнымъ, надъ превращеніемъ движенія въ теплоту, надъ опредѣленіемъ скорости свѣта. Его открытіе пріусущаго матеріи свойства—сохранять неизмѣнную плоскость своихъ качаній, послужившее ему для доказательства движенія земли вообще, и въ частности—вращательнаго около ея оси, явилось истиннымъ открытіемъ для публики, огромными массами собиравшейся, въ 1851 г., смотрѣть на колоссальный маятникъ, подвѣшенный экспериментаторомъ въ центрѣ купола Пантеона.

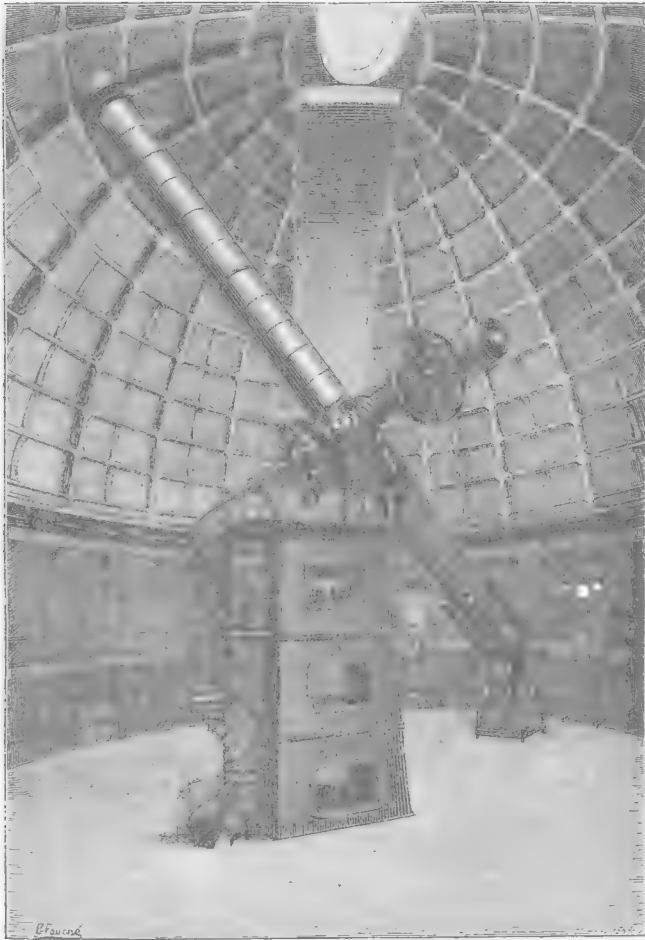
и въслѣдствіи возобновленнымъ Дрейтономъ. Способъ этотъ, состоящій въ возстановленіи азотно-серебряной соли превращеннымъ сахаромъ, доведень Фуко и Мартеномъ до такой степени совершенства, что слой серебра нисколько не измѣняетъ параболической формы зеркала. Зеркало, приготовленное указаннымъ путемъ, имѣетъ еще то преимущество передъ бронзовымъ, что посылаетъ окуляру больше свѣта.

Въ зеркальныхъ телескопахъ визированіе сопряжено съ большимъ затрудненіями. По этой причинѣ въ настоящее время, когда уже умѣютъ дѣлать большія и хорошія чечевицы, предпочитаютъ употреблять телескопы съ чечевицами, или *астрономическія трубы*, имѣющія иногда колоссальные размѣры. Самый большой инструментъ такого рода—это труба Линковской обсерваторіи, на



Фиг. 156.—Окуляръ въ телескопъ Линковской обсерваторіи на Гамилтоновой горѣ (въ Калифорніи).

Гамилтоновой горѣ (въ Калифорніи). Фигура 157 изображаетъ эту трубу въ цѣломъ, а фигура 156—одинъ окуляръ. Ея ахроматическій объективъ имѣетъ діаметръ около 3 фут., а фокусное разстояніе равно 56 фут.; изображеніе солнца въ этой трубѣ равно приблизительно 6 дм. Flint-стеклянный объективъ выполненъ Феллемъ въ Парижѣ и доставленъ на обсерваторію въ апрѣлѣ 1882 г.; окончательная же отливка окуляра изъ кронгласа, который пришлось передѣлывать девятнадцать разъ, была произведена не далѣе, какъ въ сентябрѣ 1885 г. Труба снабжена тремя *искателями*—трубками небольшихъ размѣровъ, но съ большимъ полемъ зрѣнія, служащими для быстрого нахожденія того предмета, который желательно наблюдать, т.-е. для быстрого направленія трубы на предметъ. Оку-



Фиг. 157.—Величайшій телескопъ въ мірѣ: телескопъ Ликской обсерваторіи на Гамильтоновой горѣ (въ Калифорніи).

ляръ имѣетъ весьма сложное устройство, что объясняется предназначеніемъ инструмента—служить для сложныхъ астрономическихъ наблюдений и вычислений.

Таковы результаты, добытые наукой въ вопросѣ о видѣніи на большомъ разстояніи,—результаты трехвѣковыхъ усилій (съ 1680 до 1890 г.), опиравшихся на законы одной оптики. Благодаря именно телескопамъ, передъ людьми открылись необъятныя небесныя пространства и астрономы получили возможность съ

такой точностью опредѣлить положеніе свѣтилъ и въ подробности изучить характеръ поверхности луны и другихъ планетъ (фиг. 158). Не достигаемъ ли мы, напр., при помощи телескопа лорда Росса, того, что луна точно подводится какою-то властною силою такъ близко къ землѣ, что расстояние между обѣими планетами какъ бы дѣлается равнымъ всего только 60 верстамъ!

Но на пути между телескопомъ и луною не существуетъ никакой преграды. Не то мы видимъ на землѣ, гдѣ примѣненіе телескопа по необходимости должно быть весьма ограниченнымъ. Видъ земли—не плоскій и ровный кругъ; на ней свѣтъ не можетъ распространяться изъ одного мѣста въ другое такъ же безпрепятственно, какъ въ пустыхъ и необъятныхъ небесныхъ пространствахъ, такъ какъ путь его на землѣ усяянъ безчисленнымъ множествомъ естественныхъ и искусственныхъ неровностей.

Однако-же, иногда, при существованіи извѣстныхъ условий, эти земныя преграды, эти природой воздвигнутые гигантскіе экраны, бессильны заслонить отъ насъ обыкновенно загораживаемые ими предметы. Любопытное явленіе, называемое *миражемъ*, а также извѣстное подъ другими названіями — *атмосферною преломленіемъ, переищженіемъ, поднятіемъ*,—позволяетъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ, при совершенно исключительныхъ условияхъ, видѣть тѣ предметы, которые находятся за предѣлами нашего вѣрнія.

Вотъ какъ описываетъ это явленіе Монжъ\*), наблюдавшій его въ египетскую кампанію 1798 г. Съ того момента, какъ почва достаточно нагрѣлась солнцемъ, до тѣхъ поръ, пока она, съ приближеніемъ вечера, не начинаетъ охлаждаться, видъ земли представляется наблюдателю измѣненнымъ; именно ему кажется, что суша вокругъ него простирается не болѣе какъ версты на четыре, а даже видѣется сплошная водная поверхность, какъ будто все вокругъ залито наводненіемъ. Селенія, лежащія за указанными предѣлами, кажутся какъ бы островами на большомъ озерѣ, какъ бы отдѣлены отъ суши большей или меньшей полосой воды; при этомъ, подъ каждымъ селеніемъ видно его обратное изображеніе, точно такое же, какое было бы видно въ случаѣ дѣйствительнаго существованія отражающей водной поверхности, но такъ какъ оно довольно значительно удалено, то мелкія подробности его различаются плохо,—оно видно только въ грубыхъ, общихъ чертахъ; кромѣ того, края этого изображенія нѣсколько неясны, какъ бываетъ въ случаѣ слегка волнующейся отражающей водной поверхности. По мѣрѣ того, какъ мы будемъ приближаться къ видимому точно на озерѣ селенію, кажущійся берегъ все болѣе и болѣе удаляется отъ насъ, раздѣляющая водная полоса все болѣе суживается, а въ концѣ-концовъ совершенно исчезаетъ, и описанное явленіе, прекращаясь для этого селенія, съ прежнимъ характеромъ повторяется для другого, открывающагося предъ наблюдателемъ вслѣдъ за первымъ. Такимъ образомъ создается оптический обманъ, подчасъ чрезвычайно жестокой, особенно въ пустыняхъ, гдѣ взоръ путешественника, томимаго жаждою, напрасно обольщается видомъ воды, рисуемой ему въ такой близости.

Объясненіе миража, данное Монжомъ и основанное на явленіяхъ преломленія свѣта и полного внутреннего отраженія, не можетъ считаться вполнѣ удовлетворительнымъ, такъ какъ не идетъ далѣе установленія причинной связи. Оно заключается въ слѣдующемъ. Нагрѣваясь вслѣдствіе сопряженности съ горячей землей, воздухъ становится легче и потому поднимается выше, уступая свое мѣсто другому слою, который въ свою очередь быстро нагрѣвается и также поднимается вверхъ, вслѣдъ за первымъ. Въ извѣстный моментъ воздухъ надъ поверхностью земли представляется состоящимъ изъ ряда слоевъ, температура которыхъ постоянно возрастаетъ по направленію къ землѣ; такъ какъ, благодаря этому, преломляющая способность воздуха уменьшается сверху внизъ, то свѣ-

\*) Монжъ, французскій геометръ, творецъ описательной геометріи, одинъ изъ основателей Политехнической школы.

товой лучъ по мѣрѣ своего приближенія къ землѣ, становится все болѣе и болѣе горизонтальнымъ; когда уголъ, образуемый имъ съ перпендикуляромъ, становится достаточно большимъ, лучъ отражается отъ соответствующаго слоя воздуха, какъ отразился бы отъ зеркала, и поднимаясь вверхъ, достигаетъ, наконецъ, глаза наблюдателя; послѣдній, продолжая дошедшій до него лучъ, естественно видитъ предметъ, симметричный, по отношенію къ отражающему слою, съ предметомъ, изъ котораго лучъ, въ дѣйствительности выходитъ.

Общаго объясненія не существуетъ. Такъ какъ воздушные слои въ разныхъ случаяхъ могутъ принимать весьма различныя плотности и располагаться

самымъ различнымъ образомъ, то преломленіе въ такомъ ряду слоевъ можетъ производить явленія, въ частностяхъ крайне разнообразныя. Нерѣдко путемъ тщательнаго наблюденія тѣхъ условий, при которыхъ происходитъ интересующее насъ явленіе, возможно уловить общій смыслъ явленія. Приведемъ по этому поводу нѣсколько любопытныхъ примѣровъ. Біо и Араго, наблюдая съ горы Де-сіерто-де-ласъ-Пальмасъ (въ Валенціи, въ Испаніи) источникъ свѣта, помѣщенный въ разстояніи 151 версты, на высотѣ 1026 фут., на горѣ Камвей, на островѣ Ивисѣ, неоднократно видѣли этотъ свѣтъ въ сопровожденіи многихъ изображеній, расположенныхъ на одномъ



Фиг. 158 — Валу и кратеры на луи.

съ нимъ перпендикуляръ и появлявшихся и исчезавшихъ въ нѣкоторомъ опредѣленномъ порядкѣ. На слѣдующее утро надъ моремъ стался туманъ, что указывало на то, что воздухъ былъ очень влаженъ во время появленія изображеній. — Паре, будучи въ 1851 г. въ городкѣ Эгъ-Мортъ, замѣтилъ, развѣ вечеромъ, селенія и деревья надъ дюнами, обыкновенно закрывающими ихъ. — Докторъ Венсъ, находясь въ Рамсгатѣ, на высотѣ 79 фут. надъ моремъ, видѣлъ, 6-го августа 1806 г., въ семь часовъ вечера, Дуврскій замокъ весьма ясно вплоть до его основанія, какъ еслибъ этотъ замокъ перенесся на холмы, обыкновенно почти вплоть скрывающіе его. Дувръ отъ Рамсгата отстоитъ въ 19 верстахъ, и треть этого разстоянія, со стороны Рамсгата, занята моремъ. — Бресте однажды замѣтилъ изъ Дьеппа берега Англіи, хотя они скрыты кривой поверхностью моря. — Моряковъ долгое время обивало съ толку появленіе между островомъ

Аландомъ и шведскимъ берегомъ какого-то фантастическаго острова, исчезавшаго, какъ только къ нему начинали приближаться: оптический обманъ производился подводнымъ призмомъ, находившимся не небольшою глубинѣ и казавшимся выходящимъ изъ воды, благодаря кривому ходу лучей въ воздухѣ. — Андро въ 1862 г. видѣлъ на разстояніи 37 верстъ Страсбургскую колокольню, иллюминированную по случаю народнаго праздника. Колоссальный величій изображение казалось не болѣе какъ въ 2 верстахъ и было настолько ясно, что можно было различить отдѣльные цвѣта иллюминацій.

Тѣмъ же самымъ объясняется появленіе воздушныхъ городовъ, армій и даже сраженій, описываемое въ средневѣковыхъ разсказахъ. Вотъ два относительно недавнихъ примѣра. Ж. Г. Гарнье передаетъ въ своемъ *Руководствѣ метеорологии*, что 20-го сентября 1835 г. жители Мэндишскихъ холмовъ въ Англіи, видѣли, часовъ въ пять вечера, какъ по небу, будто покрытому густыми парами, проходили отряды конныхъ солдатъ; превосходно развѣсались и всадники, и его конь, и даже побѣжка у послѣдняго.

Камилль Фламарионъ, упоминая объ этомъ поразительномъ міражѣ, говоритъ, въ своей прекрасной книгѣ *Атмосфера*, слѣдующее: „Ссылаясь на свѣдѣтельство многихъ заслуживающихъ довѣрія лицъ, я могъ бы прибавить къ только-что разсказанному факту аналогичное наблюденіе, сдѣланное въ Вервѣ въ іюнѣ 1815 г. (годъ и мѣсяцъ битвы при Ватерлоо). Трое жителей этого города однажды утромъ видѣли армію на небѣ, и притомъ съ такой отчетливостію, что различали костюмы артиллеристовъ и даже пушку, въ тотъ моментъ, когда послѣдняя, вслѣдствіе поломки колеса, падала...“

Но такъ какъ измѣнять по произволу состояніе атмосферы — не въ нашей власти, то мы должны искать другихъ возможностей видѣть отдаленные предметы, несмотря на преграды, представляющіяся свѣту на его пути. Какъ же устранить, обойти эти препятствія? Нельзя ли ожидать, что чудесное электричество, — эта благодѣтельная фея, уже столько сдѣлавшая для насъ, — сможетъ однимъ ударомъ своей магической палочки, дать намъ возможность видѣть отдаленнѣйшіе ландшафты, наблюдать предметы и людей другихъ широтъ въ то самое время, когда телефонъ будетъ передавать намъ рѣчь послѣднихъ? Быть можетъ, долженъ будетъ встать новый Амперъ или новый Фарадей для того, чтобы подслушать у волшебницы ея тайну. Но уже и теперь, по наличнымъ даннымъ современнаго знанія, можно смѣло предвидѣть возможность осуществленія подобной цѣли при помощи электрическаго телескопа, для котораго какъ выше упомянуто, придумано названіе *телефота*. Если не найдемъ, то слѣдующій вѣкъ безъ сомнѣнія будетъ приветствовать это прекрасное открытіе, а сдѣлавшій его гений причисленъ къ сонму бессмертныхъ. Благодаря телефону и телефоту все человечество обратится въ одну нераздѣльную семью!

Какъ ранѣе идея фонографа и телефона, такъ впоследствии и смѣлая идея *телефота* также являлась у француза — у нотариуса Санлека въ Ардрѣ (Пад-Калѣ), работы котораго въ этомъ направленіи начались уже въ первые мѣсяцы 1877 г.

Неужели можетъ статься, чтобы мысль о *телефотѣ* представляла собою не химеру, не безумную мечту больного воображенія? Гдѣ тѣ положительныя, научно-доказанные факты, на которые можетъ опираться подобная мысль?

Сейчасъ мы ихъ укажемъ. Не вдаваясь въ разсмотрѣніе всѣхъ взаимныхъ отношеній между свѣтомъ и электричествомъ, займемся только тѣмъ изъ нихъ, о которомъ мы уже имѣли случай упомянуть ранѣе.

Если въ цѣпь элемента вводится кусокъ селена, или вообще надлежащимъ образомъ приготовленная селеновая поверхность, то всякое измѣненіе въ освѣщеніи селена влечетъ за собой измѣненіе тока, проходящаго по этой поверхности: измѣняется магнитное поле, происходящее отъ этого тока. Вотъ что лежитъ въ основѣ свѣтового телефона.

Какое отношеніе существуетъ между только-что указаннымъ явленіемъ и

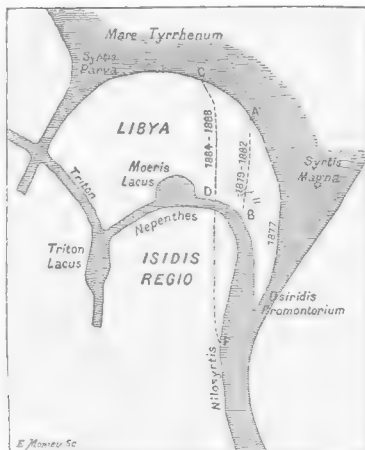


если чрезъ нее смотреть глазъ, помѣщенный въ О, то точку Р онъ увидитъ въ Р'. Въ самомъ дѣлѣ, лучъ  $Rr$  сперва отразится отъ поверхности АВ стекла въ р, затѣмъ придетъ въ г, гдѣ снова отразится; послѣ этого второго отраженія, лучъ направится въ глазъ О, но такъ какъ послѣдній всегда видитъ по направленію входящихъ въ него лучей, то онъ отнесетъ точку Р въ Р'. Такъ какъ сказанное приложимо ко всѣмъ точкамъ предмета М, то послѣдній, — пусть это будетъ, наприм., микрометръ, т.-е. линейка съ весьма мелкими дѣленіями, — будетъ, следовательно, виденъ въ М', въ натуральную величину. Описанная система, дѣйствующая сходно съ камерой Пульве, носить названіе *камеры-клары*.

Если наблюдатель держитъ въ рукѣ карандашъ и ставитъ остріе его въ точку Р, то глазъ увидитъ остріе карандаша въ Р'. Помощью такой камеры-клары очень легко орисовать на бумагѣ предметъ, разсматриваемый чрезъ микроскопъ. Предметъ помѣщается въ Е, а бумага въ F. Такъ какъ наблюдатель, смотря чрезъ названный снарядъ на бумагу и карандашъ, одновременно видитъ и изображеніе, то ему, разумѣется, остается только водить карандашомъ по видимымъ контурамъ.

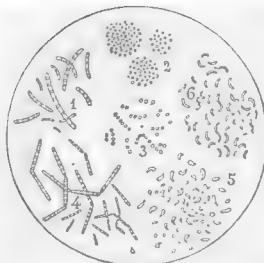
Теперь спрашивается, во сколько же разъ полученный рисунокъ больше самаго предмета. — Для того, чтобы узнать это, оставимъ сперва разсматривать чрезъ микроскопъ предметный микрометр — стеклянную пластинку, на которой одинъ миллиметръ раздѣленъ на сто равныхъ частей. Подъ микроскопомъ дѣленія эти представляются весьма увеличенными. Если теперь помощью камеры-клары сопоставимъ съ этими увеличенными дѣленіями другой микрометръ, раздѣленный на миллиметры, то увидимъ, сколько миллиметровъ покрывается одною сотю миллиметра. Если послѣдняя закрываетъ, напр., два миллиметра, то мы скажемъ, что увеличеніе нашего микроскопа равно 200, такъ какъ одна сотая миллиметра, разсматриваемая чрезъ микроскопъ, представляется двумя миллиметрами, т.-е. въ 200 разъ увеличенною.

Если затѣмъ, при замѣнѣ микрометра разсматриваемымъ предметомъ, окажется, что послѣдній также покрываетъ два миллиметра на микрометрѣ М, то мы сдѣлаемъ



Фиг. 175. — Телескопическій видъ.

Карта нижняго моря Песочныхъ Часовъ съ 1877 г. по 1888 г. на планетѣ Марсъ \*). Минимальное разстояніе отъ земли — 56 миллионовъ километровъ.



Фиг. 176. — Микроскопическій видъ.

Микробы различныхъ заразныхъ болезней, наблюдаемые подъ микроскопомъ въ каплѣ воды: 1 — туберкулеза, 2 — дифтеріи, 3 — оспы, 4 — карбункула, 5 — инфлюэнцы, 6 — холеры.

\*) *Астрономія*, 1889 г., № 8.

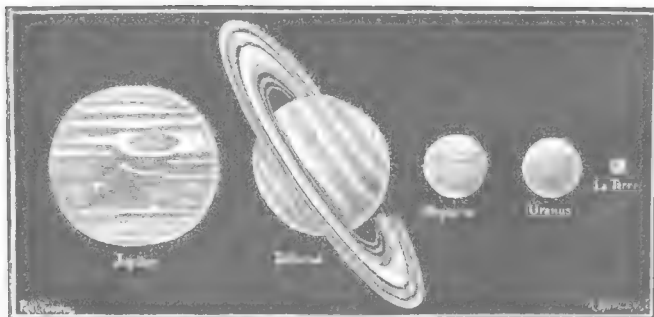
заключеніе, что истинная длина предмета равна одной сотой миллиметра. Этими именно путемъ определяется величина весьма мелкихъ живыхъ существъ или такихъ же неодоушевленныхъ предметовъ и измѣряется то увеличеніе, подъ какимъ они видны на упомянутыхъ рисункахъ (фиг. 174 и 176).

Такимъ образомъ, подобно тому, какъ наука выработала средства, исправляющія несовершенства нашего слуха—средства, сообщающія нашему уху ту силу, которой ему не доставало, но которая, однако-же, необходима въ виду умножившихся жизненныхъ потребностей,—дающія намъ возможность слышать рѣчь на какомъ угодно большомъ разстояніи и воспринимать наиболѣе слабые звуки,—та же наука, медленно, но вѣрно подвигаясь впередъ, создала и способы, уже и теперь сообщающіе нашему органу зрѣнія значительное могущество. Такъ, помощью телескопа она обнаружила предъ нами красоту, безграничность вселенной и существованіе множества міровъ; она даже измѣрила и описала эти міры—создала небесныя карты (фиг. 175). Можно сказать, что она почти сдѣлала видимой безконечность.

Посредствомъ микроскопа она открыла существованіе безсчетнаго числа такихъ живыхъ существъ, о которыхъ и не подозрѣвалъ умъ человеческій. Она дала намъ возможность видѣть, сосчитать, группировать и изучать эти безмѣрно-малыя существа, этотъ міръ повидному столь слабыхъ, но на дѣлѣ, какъ полагаютъ современные ученые, столь ужасныхъ невидимокъ!

Наконецъ, въ телефотѣ она дала намъ средство видѣть то, что происходитъ на краю свѣта—въ любомъ уголку земного шара, и тѣмъ разрѣшить еще одну удивительную задачу!

На что тогда направятся желанія людей?—Получивъ возможность безпрепятственно видѣться и бесѣдовать, находясь въ противоположныхъ концахъ земли, люди начнутъ находить свою землю еще меньшею, нежели она есть на самомъ дѣлѣ, считать себя стѣсненными, одинокими и искать... Чего?... Безъ сомнѣнія,—средства сообщаться съ какой-нибудь другой планетой.—А по достиженіи этой цѣли?... Чего еще?—Чего-нибудь другого, чего мы уже не можемъ предвидѣть. Но если только стихій не уничтожатъ тѣхъ просвѣщенныхъ странъ, гдѣ будетъ царствовать наука, передъ человѣкомъ встанетъ новая цѣль, которую онъ вновь будетъ стремиться достигнуть и которую въ концѣ-концовъ достигнетъ непременно!...



# КНИГА ВТОРАЯ.

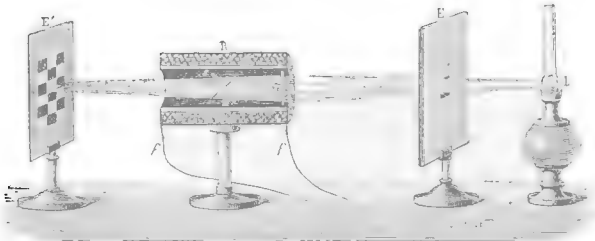
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭНЕРГІЯ.

вопросомъ о передачѣ изображенія? Отношеніе это заключается въ слѣдующемъ. Изображеніе, какимъ бы путемъ оно ни было произведено, есть не что иное, какъ нѣкоторая поверхность, состоящая изъ различно освѣщенныхъ точекъ (точекъ — въ физическомъ смыслѣ, конечно). Слѣдовательно, если по всей поверхности даннаго изображенія проводить чувствительную селеновую пластинку, то проходящій по ней токъ, будетъ измѣняться въ зависимости отъ прохожденія по различно освѣщеннымъ мѣстамъ, — усиливаясь при болѣемъ освѣщеніи и ослабляясь въ противномъ случаѣ.



Фиг. 159.—Принципъ передачи изображенія: электрофосфоръ.

Такимъ образомъ, благодаря указанному любопытному свойству селена, мы можемъ получить электрическое или магнитное изображеніе—особаго рода фотографическій снимокъ со свѣтового изображенія. Но какъ же совершится переходъ магнитнаго изображенія въ свѣтовое, какъ произвести послѣднее въ томъ или другомъ мѣстѣ, на пути соединительной проволоки ff (фиг. 159)? Разрѣшеніе этой второй части интересующей насъ задачи представляетъ особая трудности.



Фиг. 160.—Иллюминаторъ Эдтова и Перри, играющій роль электрофосфора.

Конечно, это было бы какъ нельзя проще, если бы было извѣстно вещество, обладающее свойствомъ свѣтиться отъ дѣйствія проходящаго по нему электрическаго тока, и притомъ такъ, чтобы сила свѣта измѣнялась въ строгомъ соответствіи съ силою тока. Введя въ дѣйствіе, на приемной станціи, такое вещество B, мы заставили бы его испытывать движеніе, совершенно подобное движенію селена, „развѣдывающаго“ подлежащее передачѣ изображеніе A (фиг. 159); тогда вещество B, —назовемъ его *электрофосфоромъ*, —обрисовало бы въ пространствѣ, въ B, долженствующее быть переданнымъ изображеніе A, которое глазъ видѣлъ бы вполне хорошо въ томъ случаѣ, если бы движеніе развѣдчика S, а вмѣстѣ съ тѣмъ и одинаковое движеніе вещества B, совершались съ быстротой, достаточной для того,

чтобы изображение А было вполне развѣдано въ теченіе такого короткаго промежутка времени, въ какой его не успѣло бы ни изгладить, ни даже ощути-тельно затѣмнить послѣдующее впечатлѣніе, полученное съчаткою. Въ В было бы видно изображение А такъ же точно, какъ мы видимъ въ воздухѣ огненную окружность, даваемую раскаленнымъ углемъ, который приведетъ въ быстрое вращательное движеніе.

Въ самомъ дѣлѣ, нетрудно понять, что въ то время, когда селенъ S прие-малъ бы къ болѣе освѣщенному мѣсту *a*, токъ заставлялъ бы свѣтиться вещество R съ соответствующей силой; по переходѣ S въ менѣе освѣщенное мѣсто *b*, сила тока, а чрезъ это и свѣта, издаваемого электрофосфоромъ R, должна была бы тотчасъ же уменьшаться; такъ какъ при послѣдовательномъ прохожденіи элек-трофосфоромъ ряда положеній совершенно тождественныхъ съ соответствующи-ми положеніями различныхъ точекъ изображенія А, сила свѣта, испускаемаго R, постоянно будетъ пропорціональна освѣщенію послѣднихъ, то изображеніе А необходимо должно точно воспроизводиться въ В. Если бы электрофосфоръ имѣлъ еще, кромѣ того, свойство свѣтиться цвѣтами, соответствующими тако-вымъ въ А, то наша задача могла бы быть разрѣшена вполне.

Но электрофосфоръ, — этотъ философскій камень въ вопросѣ о телеграфѣ, пока еще не найденъ. Въ виду этого современные изслѣдователи вынуждены искать другихъ путей къ осуществленію поставленной цѣли.

Эйртонъ и Перри придумали непрямой приемникъ, названный ими *иллюминаторомъ* (фиг. 180). Устройство его слѣдующее. Лампа L освѣщаетъ экранъ Е, снабженный четырехугольнымъ отверстіемъ, изображеніе котораго пролагается на экранъ Е' чечевицей G. На трубку R, въ которую заключена чечевица, намотана обитая шелкомъ мѣдная проволока, составляющая часть цѣпи. Токъ, проходящій въ цѣпи, отклоняетъ, силою производимаго имъ магнитнаго поля, магнитную стрѣлку *n* *s* на углы, величина которыхъ зависитъ отъ силы магнитнаго поля, т.-е. отъ магнитнаго изображенія, являющагося въ результатъ развѣдыванія свѣтлого изображенія А селеномъ S. Къ стрѣлкѣ прикрѣплена зачернен-ная пластинка изъ весьма легкаго металла — алюминія, такимъ образомъ, что когда по проводкѣ не проходитъ тока, отверстіе трубы К совершенно закрывается пластинкою, — и свѣтъ отъ лампы L черезъ трубу не пропускается; при прохо-жденіи же и послѣдовательномъ измѣненіи тока, стрѣлка отклоняется то болѣе, то менѣе, въ зависимости отъ увеличенія или уменьшенія силы тока, вълѣдствіе чего черезъ трубу L пропускается то большее, то меньшее количество свѣта, дающее то болѣе, то менѣе яркое изображеніе *i*. Если помощью надлежащаго меха-низма этому изображенію сообщать такое же быстрое движеніе, въ какое при-веденъ селенъ, то оно обрисуетъ на экранѣ Е' изображеніе А точно такъ же, какъ то сдѣлалъ бы нашъ несуществующій пока электрофосфоръ. Разумѣется, для этого нужно, чтобы иллюминаторъ Эйртонъ и Перри отличался большою чувствительностью и бросалъ на экранъ Е' количества свѣта, постоянно про-порціональныя силѣ тока. Но такъ какъ выполненіе подобныхъ условій пред-ставляетъ весьма большія трудности, то по способу Эйртонъ и Перри воспроиз-водилось лишь изображеніе, состоявшее изъ чередующихся свѣтлыхъ и тем-ныхъ линий.

Въ іюнѣ 1880 г. Соьеръ предложилъ замѣнить изображеніе *i* искрой, да-ваемой индукционной катушкой. Это дѣлается такъ. Предположимъ, что наша соединительная проволока соединена съ первичной проволокой индукционной катушки. Подъ влияніемъ измѣненій тока, между весьма близко расположенными другъ къ другу концами вторичной проволоки, будутъ пробѣгать искры. Ясно, что искры эти будутъ тѣмъ сильнѣе, т.-е. ярче, чѣмъ больше будетъ разни-ца между данными точками, по которымъ послѣдовательно проходитъ селенъ, т.-е. чѣмъ сильнѣе измѣненіе, претерпѣваемое наводящимъ полемъ. Быть можетъ, соебшивъ, какъ въ предыдущихъ приемникахъ, одинаково быстрое движеніе селену S и приемной искрѣ, можно было бы достигнуть воспроизведенія изобра-

женія А, развѣдываемаго селеномъ В. Замѣтимъ, однако же, что этотъ способъ несовершененъ даже съ теоретической точки зрѣнія.

Чтобы въ В получить впечатлѣніе А, нѣтъ необходимости воспроизводить всѣ точки послѣдняго, а довольно уже воспроизвести лишь нѣвѣстное число ихъ, достаточно тѣсно расположенныхъ, образующихъ, наприм., густой рядъ линий, при чемъ форма этихъ такъ-называемыхъ развѣдочныхъ линий, можетъ, впрочемъ, быть совершенно произвольной.

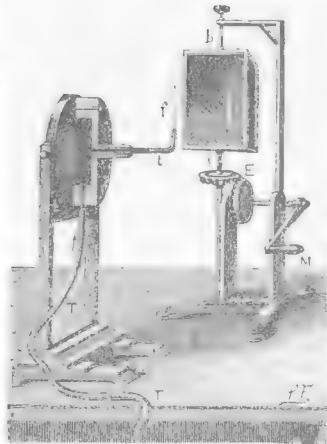
Изъ вышеизложеннаго видно, что всѣ наслѣдованія въ этомъ направленіи опираются на слѣдующія три наблюденія:

1) Электрическій токъ, проходящій по селеновой пластинкѣ, введенной въ цѣпь элемента, измѣняется въ соотвѣтствіи со степенью освѣщенія селена.

2) Глазъ получаетъ цѣльное впечатлѣніе изображенія и въ томъ случаѣ, когда впечатлѣнія отдѣльныхъ точекъ воспринимаются не одновременно, а чрезъ короткіе промежутки, составляющіе весьма малыя доли секунды.

3) Глазъ видитъ ясно все данное изображение и въ томъ случаѣ, когда получаетъ впечатлѣнія лишь нѣкоторой части составляющихъ его точекъ. Достаточно, напр., видѣть всѣ тѣ точки, которыя составляютъ рядъ смежныхъ линий, произвольной формы, но удачно выбранныхъ.

Лазаръ Велле, опираясь на эти наблюденія, предложилъ весьма оригинальный способъ ихъ приложенія. Если на приемной станціи помѣщенъ магнитный телефонъ, введенный въ цѣпь, то ясно, что колебанія тока, производимыя селеномъ, заставятъ говорить телефонъ, какъ уже ранѣе было объяснено. Телефонъ въ этомъ случаѣ даетъ звуковое изображение свѣтового. Какимъ образомъ изъ этого звукового изображенія извлечь вызвавшее его соотвѣтственное свѣтовое изображение?



Фиг. 161.—Манометрическая капсула Кёнига.

Чтобы составить себѣ надлежащее понятіе о способѣ, предлагаемомъ Велле, необходимо имѣть нѣкоторыя свѣдѣнія изъ акустической оптики и въ частности требуется знакомство съ *манометрической капсулой Кёнига* и способомъ произведенія фигуръ, извѣстныхъ подъ названіемъ *фигуръ Лиссажу*, по имени впервые получившаго ихъ ученаго.

Нѣтъ ничего проще и чувствительнѣе *манометрической капсулы*, или *манометрической лампы*, придуманнаго въ 1862 г. физико-механикомъ Кёнигомъ и въ настоящее время весьма употребительнаго при изслѣдованіяхъ о звукахъ. Этотъ превосходный оптический указатель звуковыхъ колебаній представленъ на фигурѣ 161. Онъ состоитъ изъ коробочки чаще всего круглой формы, одной изъ стѣнокъ которой *a* служитъ упругая перепонка. Свѣтильный газъ входитъ въ коробочку чрезъ каучуковую трубку *T*, а выходитъ чрезъ весьма тонкую трубочку *t*, въ концѣ которой и зажигается—въ *f*. Что произойдетъ, если перепонка *a* начнетъ колебаться? Въ то время, когда она будетъ двигаться направо, газъ сожмется и оттолкнется по направленію къ пламени *f*; при движеніи ея въ обратную сторону—произойдетъ противное. Периодическія измѣненія въ степени сжатія газа влекутъ за собою періодическія же измѣненія длины и яркости пламени *f*. Эти дрожанія пламени будутъ замѣтны и такъ, при непосредственномъ наблюденіи, но не раздѣльно. Для отдѣленія ихъ другъ отъ друга пользуются

приспособленіемъ, напоминающимъ способъ отдѣленія колебаній дрожащаго штифта путемъ приведенія послѣдняго въ соприкосновеніе съ движущейся заковченной поверхностью. Въ настоящемъ случаѣ роль заковченной поверхности играетъ вертикальное призматическое зеркало (фиг. 161), приводимое во вращательное движеніе около оси  $b$   $c$  посредствомъ рукоятки  $M$  и зубчатыхъ колесъ  $E$ .

Для объясненія дѣйствія зеркала, возьмемъ, для большей простоты, плоское зеркало (фиг. 162), въ которомъ глазъ, изображенный на фигурѣ, рассматриваетъ изображение пламени  $f$ ; это зеркало можетъ вращаться около оси  $d$ . Когда зеркало занимаетъ положеніе 1, глазъ видитъ въ  $f_1$  изображение пламени  $f$ ; когда зеркало повернулось и пришло въ положеніе 2, глазъ видитъ изображеніе пламени  $f$  въ  $f_2$ . Если пламя не колеблется, то при вращеніи зеркала глазъ будетъ видѣть не изображеніе пламени, а непрерывную огненную ленту  $A$ , образованную сліяніемъ, въ глазу, ряда послѣдовательныхъ изображеній пламени. Если же, напротивъ того, пламя, во время перехода зеркала изъ положенія 1 въ положеніе 2, измѣнялось въ длинѣ, то огненная лента приметъ рѣзко



Фиг. 162.—Дѣйствіе вращающагося плоскаго зеркала:  $A$ —непрерывная свѣтовая полоса.— $B$ —зубчатая полоса.

зубчатый видъ  $B$ ; если при этомъ пламя периодически проходитъ чрезъ одни изъ состояній, то лента представится состоящей изъ ряда тождественныхъ отрезковъ, повторяющихся при каждомъ полномъ колебаніи перепонки  $a$ . Такимъ образомъ, если желаютъ оптически обнаруживать колебанія, совершающіяся въ телефонѣ, есте-

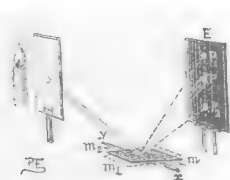
ственно нужно стремиться обратить послѣдній въ настоящую манометрическую капсулу, такъ, чтобы телефонная пластинка играла роль перепонки  $a$ . Это-то именно и предлагаетъ Велле. Такой манометрический телефонъ представленъ на фигурѣ 163. Въ  $T$  видна трубка, которая проводитъ свѣтильный газъ, поддерживающій пламя  $f$ ; роль перепонки  $a$  у ко-

робочки здѣсь исполняетъ дрожащая пластинка; дрожанія послѣдней вызываются измѣненіями силы тока, происходящими во время развѣдыванія селеномъ подлежащаго передатчѣ изображенія. Трудно въ этой системѣ добиться того, чтобы яркость пламени  $f$  во всякій данный моментъ была пропорціональна освѣщенію той точки въ изображеніи, съ какою въ этотъ моментъ соприкасается селенъ.

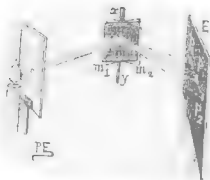
При помощи только что описаннаго приспособленія Велле хочетъ обратить телефонъ въ приборъ, воспроизводящій изображеніе, подобно тому какъ онъ въ настоящее время воспроизводитъ звукъ. Для уясненія предлагаемаго имъ способа, скажемъ въ нѣсколькихъ словахъ, въ чемъ состоятъ фигуры Лиссажу.

Въ первой главѣ было объяснено, какимъ образомъ штифтикъ, прирѣпленный къ какому-либо дрожащему тѣлу—пруту, камертону и т. п., записываетъ колебанія этого тѣла на заковченной поверхности. Вместо штифтика Лиссажу взялъ свѣтовой лучъ, обладающій, конечно, еще гораздо большей чувствительностью. Весьма простой принципъ этой являющей и превосходной замѣны заключается въ слѣдующемъ: лучъ, падающій на плоское зеркало  $m$ , отражается отъ него и даетъ въ  $P$ , на встрѣчаемомъ по пути экранѣ  $E$ , свѣтлую точку. На фигурѣ 163, зеркало, могущее вращаться около горизонтальной оси,

или шарнира  $xu$ , изображено сначала въ горизонтальномъ положеніи; если при вращеніи около  $xu$ , зеркало переходитъ изъ положенія  $m$  въ положеніе  $m_1$ , то отраженный лучъ также вращается и свѣтовая точка перемѣщается на экранѣ изъ  $P$  въ  $P_1$  по вертикальному направленію  $PP_1$ ; если зеркало переходитъ изъ  $m$  въ  $m_2$ , то такимъ же образомъ свѣтовая точка перемѣщается изъ  $P$  въ  $P_2$ . Если теперь зеркало будетъ приведено въ быстрое колебательное движеніе между

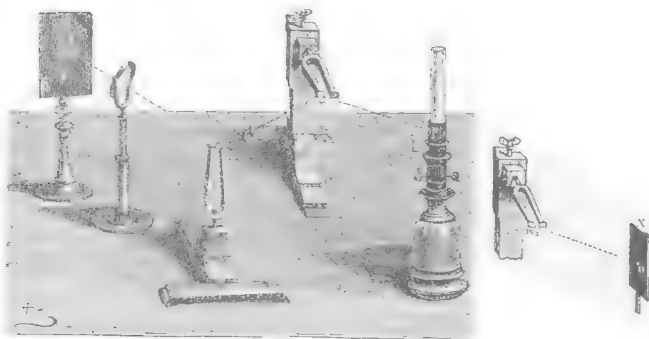


Фиг. 163.—Дѣйствіе горизонтально колеблющагося зеркала.



Фиг. 164.—Дѣйствіе вертикально колеблющагося зеркала.

положеніями  $m_1$  и  $m_2$ , то глазъ увидитъ на экранѣ коротенькую *вертикальную* свѣтовую линію  $P_1P_2$ , въ силу способности свѣтчатой оболочки сохранять полученные впечатлѣнія въ теченіе нѣкотораго времени. Прилагая сказанное къ случаю, представленному на фигурѣ 164, гдѣ зеркало движется около вертикальной оси  $xu$ , убѣдимся, что при колебательномъ движеніи зеркала между положеніями  $m_1$  и  $m_2$  глазъ долженъ видѣть на экранѣ коротенькую *горизонтальную* свѣто-



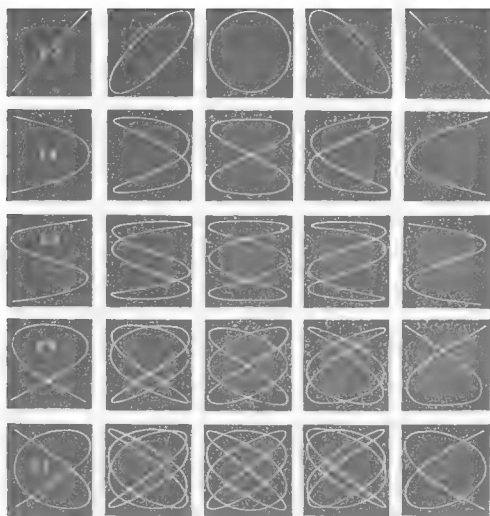
Фиг. 165.—Опытъ Лиссажу съ камертонами.

вую линію  $P_1P_2$ . Совершенно очевидно, что если лучъ, до паденія на экранъ, будетъ послѣдовательно отражаться отъ двухъ зеркалъ,—одного, приведеннаго въ горизонтальное,—другого—въ вертикальное колебаніе, то онъ будетъ перемѣщаться заразъ въ горизонтальномъ и вертикальномъ направленіяхъ, вслѣдствіе чего свѣтовая точка  $P$  станетъ описывать на экранѣ свѣтовую *кривую*, форма которой будетъ зависѣть отъ колебаній обонхъ зеркалъ. Такія кривыя называются *кривыми*, или *фигурами Лиссажу*.

Возьмемъ одинъ частный случай, именно тотъ, который интересуетъ насъ по отношенію къ нашей цѣли. Укрѣпимъ на одномъ камертонѣ, колеблющемся



вертикально, одно зеркало  $m_1$  (фиг. 165), а на другомъ, приведенномъ въ горизонтальное дрожаніе, — другое зеркало  $m_2$ . Лучъ, выходящій изъ  $L$  и отражающійся сперва отъ  $m_2$ , затѣмъ отъ  $m_1$ , долженъ, какъ сейчасъ объяснено, описывать на экранѣ Е кривую Лиссажу, форма которой соответствуетъ взятой парѣ камертоновъ. Форма такихъ кривыхъ зависитъ отъ периодовъ колебаній обоихъ камертоновъ; въ случаѣ равныхъ периодовъ, она зависитъ отъ разности ихъ фазъ, т.-е. отъ величины той части періода, которая отдѣляетъ начальные моменты колебаній данныхъ двухъ камертоновъ; отсюда — безконечное разнообразіе подобныхъ кривыхъ. Нѣсколько такихъ замѣчательныхъ кривыхъ представлено на фигурѣ 166. На пяти крайнихъ лѣвыхъ фигурахъ показаны отношенія между числами колебаній; соответствующіе этимъ числамъ горизонтальные ряды фигуръ изображаютъ видъ кривыхъ въ зависимости отъ разности фазъ, при одинаковыхъ



Фиг. 166. Свѣтныя кривыя, получаемыя способомъ дрожащихъ камертоновъ Лиссажу.

периодахъ, у взятыхъ камертоновъ. Первая кривая — наипростѣйшая; это — наклоненная подъ угломъ  $45^\circ$  прямая, которую чертитъ на экранѣ свѣтлая точка  $P$  въ томъ случаѣ, когда камертоны колеблются въ унисонъ, другими словами, когда периоды ихъ колебаній одинаковы, а разность фазъ равна нулю, т.-е. оба камертона выведены изъ положенія равновѣсія въ одинъ и тотъ же моментъ.

Прежде чѣмъ перейти къ окончательной формѣ телефота, необходимо слѣдовать еще одно замѣчаніе, весьма важное по отношенію къ нижеописываемому, по идѣ Велле, методу передачи и воспроизведенія изображеній. При дрожаніи нашихъ камертоновъ (фиг. 165), въ нѣкоторый моментъ, свѣтлая точка на экранѣ Е находится, положимъ, въ  $P$  на производимой ею кривой, и точка эта получается отъ луча  $Lm_2m_1P$ . Теперь перемѣстимъ источникъ свѣта въ  $P$ , а на мѣсто источника свѣта  $L$  поставимъ небольшой экранъ  $X$ . Тогда увидимъ, что

на экранѣ тотчасъ же появится свѣтлая точка въ  $O$ , какъ разъ тамъ, гдѣ предъ тѣмъ помѣщался источникъ свѣта (лампа): произойдетъ это въ силу закона оборотности направленій свѣта, указанного на стр. 115. Такъ будетъ въ любой моментъ во время опыта, т.-е. при всякой точкѣ на кривой  $C$ . Такимъ образомъ, если кривая будетъ какимъ-либо путемъ поддерживаться въ видѣ свѣтовой линіи, то, не смотря на дрожаніе камертоновъ, будемъ видѣть въ  $O$  неподвижную свѣтлую точку; но такъ какъ эта точка въ различные моменты получается отъ лучей, выходящихъ изъ различныхъ точекъ на свѣтовой кривой  $C$ , то въ данный моментъ яркость этой неподвижной точки будетъ пропорціональна яркости производящей ее точки  $P$ ; болѣе того: если даже экранъ  $E$  освѣщается по всей своей поверхности, то, все-таки, одни только точки, лежащія на кривой  $C$ , будутъ давать свѣтлую точку въ  $O$ ; стало быть, наша пара камертоновъ избираетъ единственно свѣтлую точку на кривой  $C$  для послѣдовательной передачи ихъ въ  $O$  въ теченіе весьма короткаго промежутка времени.

Если изъ двухъ какихъ-нибудь точекъ на кривой, напр.,  $P_1$  и  $P_2$ , первая гораздо свѣтлѣе второй, то точка  $O$  будетъ дѣлаться весьма свѣтлой въ случаѣ образованія лучами, вышедшими изъ  $P_1$ , и, наоборотъ, затмѣиваться въ моментъ образованія лучами вышедшими изъ  $P_2$ . Появнто, какъ пара колеблющихся на камертонахъ зеркалъ будетъ послѣдовательно отражать въ точку  $O$  лучи, испускаемые точками  $P_1$  и  $P_2$ . Вмѣсто кривой произведемъ прямую линію, соответствующую движенію двухъ камертоновъ, какая показана на первой фигурѣ Лиссажу. Пусть это будетъ прямая  $L_1$ . Если на экранѣ  $E$  (фиг. 167) помощью пролазающаго инструмента проектируется изображение какого-нибудь лица, то одні лишь свѣтлыя точки, лежащія на прямой  $L_1$ , будутъ отражаться въ  $O$ . Если оба дрожавшихъ камертона расположить на одной подставкѣ  $M$  и сообщить послѣдней весьма медленное поступательное движеніе послѣ полной развѣдки линіи  $L_1$ , то послѣдовательное освѣщеніе точки  $O$  будетъ уже производиться—при каждомъ данномъ положеніи подставки—какой-нибудь смежной линіей  $L_2$ ; слѣдовательно, сообщая подставкѣ соответствующее движеніе, можно передавать въ неподвижную точку  $O$  свѣтъ, испускаемый множествомъ точекъ, принадлежащихъ къ области проектируемаго на экранъ  $E$  изображения. Какъ разъ въ  $O$  помѣщается чувствительная селеновая пластинка, проходимая электрическимъ токомъ. Мы знаемъ, что токъ станетъ измѣняться—усиливаться при болѣе яркомъ свѣтѣ, падающемъ на селенъ, и ослабляться въ противномъ случаѣ; слѣдовательно, принимая эти колебанія тока въ телефонъ, получимъ *звуковое изображение* нашего *сотового*. Если теперь обратить телефонъ въ манометрическую капсулу, какъ объяснено выше, то пламя послѣдней будетъ принимать различную яркость, измѣняющуюся въ соответствии съ яркостью точки  $O$ , а значитъ—съ яркостью развѣдываемаго изображения. Тогда остается только расположить на экранѣ приемной станціи пламена различнояркости въ такомъ же точно порядкѣ, какъ въ передаваемомъ изображеніи; для этого возьмемъ еще одну пару тождественныхъ съ предъидущими камертоновъ, снабженныхъ зеркалами, и утвержденныхъ вмѣстѣ съ телефономъ на одной подставкѣ; этой послѣдней сообщимъ такое движеніе, которое во всякій моментъ было бы тождественно съ движеніемъ подставки на передаточной станціи. Въ то время, какъ передаточныя камертоны развѣдываютъ точки изображения, расположенныя на линіи  $L_1$ ,—линіи, играющей роль источника свѣта,—свѣтлая точка, произведенная пламенемъ телефона  $B$ , посылаетъ къ приемнымъ телефонамъ лучъ, описывающей на экранѣ приемной станціи такую же линію  $L'_1$ , представляющую въ соответственныхъ точкахъ ту же яркость, что и точки, лежащія на линіи  $L_1$  передаточной станціи. Пламя у телефона здѣсь исполняетъ роль источника свѣта, служившаго намъ для полученія фигуръ Лиссажу). Когда передаточный аппаратъ будетъ развѣдывать линію  $L_2$ , то въ приемномъ опишется на экранѣ соответствующая ей линіи  $L'_2$ , что приложимо ко всѣмъ развѣдываемымъ линіямъ. Такимъ образомъ, развѣдываемыя линіи  $L_1$ ,  $L_2$  и т. д. передадутъ свои слѣды,

имѣющіе соответствующія яркости, на экранѣ приемной станціи — въ такомъ количествѣ и въ теченіе столь малаго промежутка времени, что возможно будетъ увидѣть *ясный и цѣльный образъ того, что требовалось передать*. Этимъ - то путемъ (фиг. 168) произведена передача изображенія человѣческой фигуры, проектированного на экранѣ помощью чечевицы и пучка лучей отъ электрической лампы.

Если камертоны дѣлаютъ, напр., 1600 колебаній въ секунду, то кака-наблюдѣ линія  $L_1$  будетъ развѣдана въ теченіе весьма короткаго промежутка, равнаго одной 1600-й доль секунды, и такъ какъ все изображеніе должно быть развѣдано приблизительно въ  $\frac{1}{8}$  секунды для того, чтобы глазъ получалъ цѣльное впечатлѣніе изображенія, — въ силу способности сѣтчатки сохранять въ те-



Т е л е ф о т ъ .

Фиг. 167.—Передачный аппаратъ: отправленіе изображенія.

ченіе нѣкотораго времени произведенныя на нее свѣтотыя впечатлѣнія, — то полезныхъ развѣдочныхъ линій будетъ только 2000. Такого числа ихъ будетъ уже достаточно для произведенія сходства съ изображеніемъ: развѣ искусный художникъ не набросаетъ сходнаго портрета нѣсколькими штрихами? Но если требуется большее число линій, то можно взять камертоны съ болѣе быстрымъ дрожаніемъ. Правда, что развѣдываемыя линіи будутъ тогда гораздо короче, такъ какъ камертоны, находящіеся въ столь быстромъ колебаніи, имѣютъ уже чрезвычайно малый размахъ. Изъ этого слѣдуетъ, что для развѣдки изображенія, имѣющаго значительные размѣры, этому изображенію необходимо помощью чечевицы предварительно придать на передаточной станціи желаемую, соответствующую данной цѣли, малую величину.

На приемной станции подобная же система чечевиц будетъ дѣйствовать обратнымъ образомъ—увеличивать полученное маленькое изображеніе до его настоящей величины. Поставленная задача будетъ, слѣдовательно, разрѣшена, трудности преодолены: мы будемъ одновременно видѣть и слышать!

*Телефотъ*, въ томъ видѣ, какъ мы только-что описали и устроили его, воспользовавшись опытами Лиссажу, манометрической капсулой Кеннига, селекторомъ—по идее Санлека—и телефономъ съ манометрическимъ пламенемъ—по идее Лазара Велле,—по истинѣ кажется рожденнымъ въ области гипотезъ. Однако-же, все заставляетъ думать, что его практическое осуществленіе уже близко. Переходъ отъ теоріи къ практикѣ—не болѣе какъ вопросъ времени, и притомъ весьма короткаго, потому что, какъ мы старались показать, принципъ телефота, въ избранномъ нами порядкѣ идей, — въ настоящее время уже найденъ.

Такимъ образомъ, ничто не будетъ препятствовать видѣнію на разстояніи,—на любомъ разстояніи на поверхности нашей планеты. Ничто,—и менѣе всего всего шарообразная форма земли.—не будетъ вставать преградою между нашимъ глазомъ и тѣми, которыхъ мы захотимъ видѣть \*). Мы будемъ имѣть не только возможность бесѣдовать съ нашими путешествующими друзьями, даже очутившимися на противоположномъ пунктѣ земли, отдѣленнымъ нашими антиподами, но и счастье видѣть ихъ. Мы будемъ наблюдать ихъ жесты, выраженіе лицъ, уста въ тотъ самый моментъ, когда слова, вышедшія изъ этихъ устъ, будутъ касаться нашего уха. Тотъ день, въ который созданъ будетъ *телефотъ*, будетъ днемъ новаго чуда, которое присоединится къ чудесамъ сохра-



Телефотъ.

Фиг. 163.—Приемный аппаратъ: полученіе изображенія.

\*) Въ виду сказаннаго, интересно замѣтить мнѣніе Эдиссона по вопросу о телефотѣ, высказанное въ бесѣдѣ съ однимъ изъ редакторовъ *Нью-Йоркскаго Вѣстника*, 15-го августа 1889 г. „Я работаю,—сказалъ Эдиссонъ,—надъ такимъ изобрѣтеніемъ, которое позволитъ бы человѣку, живущему, напр., въ Уоллъ-стритъ, не только телефонировать пріятелю, живущему въ Центральный-Паркъ (въ другомъ концѣ города), но и видѣть его во время разговора по телефону. Я надѣюсь на скорое осуществленіе этого изобрѣтенія, которое несомнѣнно будетъ практически полезнымъ. Первымъ шагомъ къ возвращенію въ Америку будетъ соединеніе помощью такого приспособленія моей лабораторіи съ телефонными мастерскими. Благоприятные результаты есть уже и сейчасъ: именно я воспринимаю изображенія на этомъ разстояніи, составляющемъ всего лишь около тысячи футовъ. Но мечтаю видѣть, находясь въ Нью-Йоркѣ, кого-нибудь, находящуюся въ Парижѣ, конечно, сильно: помню бранныхъ трудностей, уже одна шарообразная форма земли делаетъ это невозможнымъ.“

нения и передачи человѣческой рѣчи. То будетъ удивительное открытіе, которое явится вѣнцомъ благодѣтельныхъ завоеваній науки нашего вѣка въ блестящемъ апогеозѣ,—апогеозѣ, блескъ котораго, по закону прогресса, быть можетъ, поблѣднѣетъ уже предъ первыми лучами таинственной зары двадцатаго вѣка!

Мы видѣли, что ухо, не смотря на крайнюю свою чувствительность, не можетъ воспринимать слишкомъ слабыхъ звуковъ. Однако-же, прибѣгая къ извѣстнымъ приспособленіямъ, нѣрѣдко удается сдѣлать ощущаемымъ такой звукъ, который при обыкновенныхъ условіяхъ ускользаетъ отъ насъ. Если, напр., приведемъ въ дрожаніе камертонъ, держа его ножку къ руцѣ, то на извѣстномъ разстояніи гудѣніе его будетъ слышно въ теченіе нѣкотораго, въ различныхъ случаяхъ различнаго, времени, по прошествіи котораго оно прекратится. Изъ этого, однако, вовсе не слѣдуетъ заключать, что съ указанного момента камертонъ дѣйствительно находится въ покой, что онъ не колеблется. Напротивъ, заставляя ножку касаться дощечки, стола, или, лучше, наполненной воздухомъ коробочки соотвѣствующаго объема, мы вновь услышимъ звукъ камертона. Этотъ фактъ объясняется тѣмъ, что колебанія камертона передаются молекуламъ дощечки, стола или коробочки, въ свою очередь приводящимъ воздухъ въ дрожаніе, которое уже воспринимается ухомъ. Но это имѣетъ и свою дурную сторону. Для того, чтобы быть слышнымъ, камертонъ долженъ приводить въ дрожаніе подставку, на чтѣ весьма быстро истрачиваетъ остатокъ сообщеннаго ему движенія, котораго хватилъ бы на поддержаніе его колебанія въ теченіе относительно долгаго времени, еслибы только продолжали держать его въ руцѣ. По аналогичной причинѣ, когда муха находится на дощечкѣ Юзова микрофона, въ приемномъ телефонѣ слышно не только ея передвиженіе, но и предсмертный крикъ. Благодаря микрофону, наше ухо получаетъ возможность воспринимать бесконечное множество крайне слабыхъ звуковъ, слышать голоса такихъ существъ, которыя, безъ его помощи, намъ представляло бы вѣчно считать безгласными.



Фиг. 169.—Луна.

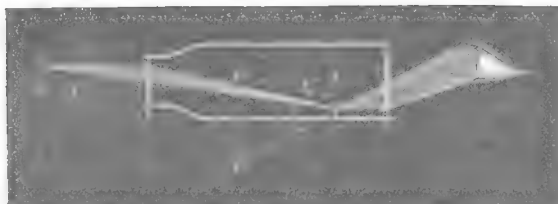
Но, подобно уху, и простой глазъ нашъ является весьма несовершеннымъ,—міръ, доступныхъ ему явленій, весьма ограниченнымъ. Мы уже знаемъ, какимъ образомъ помощью телескопа мы произвольно расширяемъ предѣлы нашего зрѣнія — получаемъ возможность наблюдать удаленные предметы, которыхъ за громадной далью часто вовсе не видимъ; мы также видѣли, какъ предстоящее изобрѣтеніе телефота сдѣлаетъ окончательно безразличнымъ для нашихъ земныхъ сношеній и наблюденій всякое разстояніе.

Но разъ существуютъ звуки, настолько слабые, что они не доступны непосредственному воспріятію, то почему бы не быть, на весьма близкомъ отъ насъ разстояніи, и такимъ предметамъ, которыхъ мы не замѣчаемъ вълѣдствіе ихъ крайне ничтожной величины? А если таковые существуютъ, то нельзя-ли сдѣлать ихъ замѣтными для насъ помощью такого сочетанія чечевички, которое давало бы намъ во много разъ увеличенныя изображенія предметовъ?

Такое сочетаніе на дѣлѣ не трудно подыскать.

Возьмемъ по-просту собирательную чечевичку  $L_1$  (фиг. 169), съ главными фокусами въ  $F_1$  и  $F_2$ , и предположимъ, что рассматриваемый предметъ АВ помѣщается между фокусомъ  $F_1$  и чечевичкой. Спрашивается, гдѣ получится изображеніе предмета и какова будетъ его величина. Чтобы опредѣлить это, достаточно провести всего два луча: АС, который идетъ изъ А черезъ оптический

центр чечевицы  $L$ , и  $AD$ , падающий на чечевицу параллельно ее главной оптической оси  $F_1F_2$ , и потому принимающий, по выходѣ, направление  $DF_2$ , т.-е. проходящий чрезъ главный фокусъ  $F_2$ . Продолженіе лучей  $AC$  и  $DF_2$  пересѣкаются въ  $A'$ . Следовательно, изображение точки  $A$  получается въ  $A'$ , изображение предмета—въ  $A'B'$ . Изображеніе  $A'B'$  мнимое, прямое и больше предмета  $AB$ .



Фиг. 170.—Ходъ лучей въ сложномъ микроскопѣ.

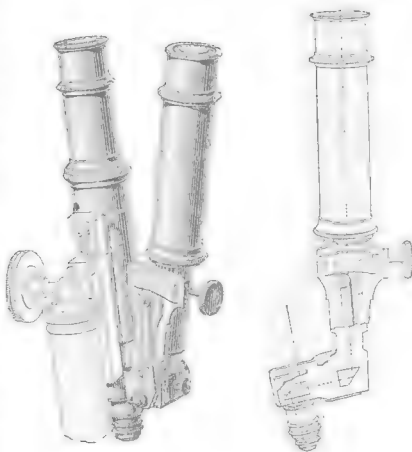
Подобный снарядъ называютъ *микроскопомъ* \*), вслѣдствіе того, что онъ представляетъ предметы въ увеличенномъ видѣ. Если длина изображенія въ тысячу разъ превосходитъ длину предмета, то говорятъ, что увеличеніе чечевицы  $L$  равно тысячѣ.

Такой микроскопъ—состоящий изъ одной чечевицы, часто называютъ *лупой*, а также Кеплеровымъ окуляромъ.

Лупа известна съ давнихъ временъ. Римскій философъ Сенека говоритъ, что чрезъ стеклянный, наполненный водою, шаръ буквы кажутся больше и яснѣе, нежели при разсматриваніи ихъ простымъ глазомъ, а грекъ Аристофанъ, за 400 лѣтъ до Рождества Христова, говоритъ объ увеличительныхъ стеклахъ въ своей комедіи *Облаки*.

Въ XVII столѣтіи лупу называли „стекломъ для блохъ“. Геніальный Декартъ, предугадавшій, какія услуги будетъ нѣкогда оказывать это „стекло для блохъ“, писалъ въ 1637 г.: „Помощью его можно будетъ видѣть форму и расположеніе весьма малыхъ частей, изъ которыхъ состоятъ животныя и растенія, а можетъ быть и другія окружающія насъ тѣла, получая такимъ путемъ полезныя свѣдѣнія о природѣ этихъ составныхъ частей“.

Гюйгенсъ устраивалъ маленькія чечевицы и помѣщалъ ихъ между глазомъ и двумя тальковыми пластинками, между которыми заключался разсматриваемый предметъ. „Если такимъ образомъ,—говоритъ онъ,—разсматривать капельку во-



Фиг. 171.—Микроскопъ Нане съ двумя окулярами (бинокулярный). Продольный разрѣзъ.

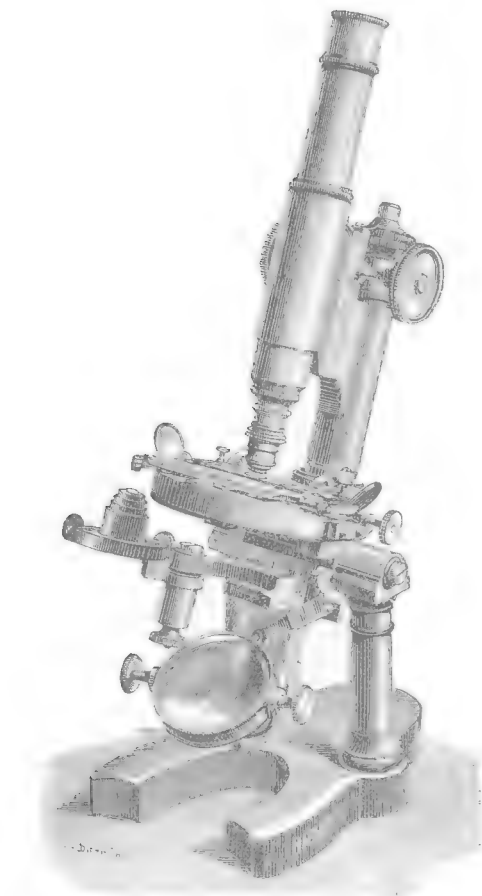
\*) Микроскопъ, отъ греч.  $\mu\kappa\rho\acute{o}\varsigma$  (микросъ)—малый, и  $\sigma\kappa\omicron\pi\iota\omega$  (скопио)—наблюдаю.

ды, вятую изъ сосуда, въ которомъ въ теченіе двухъ или трехъ дней вымачивался перецъ, то она покажется прудомъ, въ которомъ плаваютъ безчисленное множество крошечныхъ рыбокъ" (*фиг.* 174). Сходное зрѣлище поражало и юнгерберговскаго ученаго Цана, въ концѣ ХVІІ. „Если,—говоритъ названный ученый,— между двумя стеклами поместимъ каплю воды со множествомъ живыхъ червячковъ, то насъ охватитъ радостное волненіе при видѣ удивительныхъ ползущихъ змѣй" (*фиг.* 174).

Напомнимъ, что помощью телескопа мы стремились получить не такое изображеніе, которое было бы больше самаго предмета, а такое, которое лишь представляло бы предметъ въ большемъ видѣ сравнительно съ величиной, видимою простымъ глазомъ.

Чѣмъ выпуклѣе стороны у луны, тѣмъ послѣдняя сильнѣе, но только изображенія становятся менѣе ясными, въ виду чего, для получения достаточно ясныхъ изображеній, слѣдуетъ пользоваться лишь центральною частью чечевицы.

Помощью прибора, называемаго сложнымъ микроскопомъ, возможно получить гораздо болѣе значительное увеличеніе, нежели то, какое въ состояніи давать лупа. Сложный микроскопъ, какъ было сказано выше, изобрѣтенъ приблизительно въ одно время съ телескопомъ (1590 г.) и однимъ и тѣмъ же лицомъ, именно нидельбургскимъ оптикомъ Захаріемъ Янсономъ. Во Франціи, Англіи и Италіи онъ былъ



Фиг. 172.—Большой микроскопъ Наше.

распространенъ Корнелиемъ Дреббелемъ (или — по Пьеру Борелю, — Дреббелемъ).

Въ принципѣ приборъ этотъ состоитъ (*фиг.* 170) изъ двухъ собирательныхъ чечевицъ L и L', которыя называются объективомъ и окуляромъ, по той же причинѣ

какъ въ телескопѣ\*). Если предметъ АВ помѣщенъ за главнымъ фокусомъ  $F_1$ , но вблизи его, то объективъ L даетъ изображение  $A'B'$ —дѣйствительное, обратное и большее предмета АВ. Изображеніе это разсматриваютъ черезъ чечевицу  $L'$ , дѣйствующую какъ лупа, т.-е. помѣщенную такъ, чтобы изображение  $A'B'$ , даваемое объективомъ, приходилось между фокусомъ  $F'_1$  и чечевицей  $L'$ ; тогда въ  $A''B''$  получаютъ увеличенное и мнимое изображение первого— $A'B'$ .

Такъ какъ въ сложномъ микроскопѣ очевидно складываются вмѣстѣ увеличенія обѣихъ чечевицъ, то понятно, что такой приборъ долженъ дѣйствовать сильнѣе, нежели лупа, состоящая изъ одной только чечевицы.

На фигурѣ 173 представленъ въ разрѣзѣ сложный микроскопъ современнаго устройства. Объективъ О образуется системой изъ трехъ чечевицъ, отдѣльно



Фиг. 173.—Извѣреніе увеличенія и сниманіе копій съ изображенія, видимого чрезъ микроскопъ.

ахроматизованныхъ. DD—диафрагма, пропускающая только лучи, не слишкомъ наклоненные къ объективу. Окуляръ CC состоитъ изъ двухъ чечевицъ; это—уже описанный ранѣе окуляръ Гюйгенса. Онъ вмѣстѣ съ диафрагмой dd заklученъ въ трубку, могущую скользить въ главной трубкѣ T.

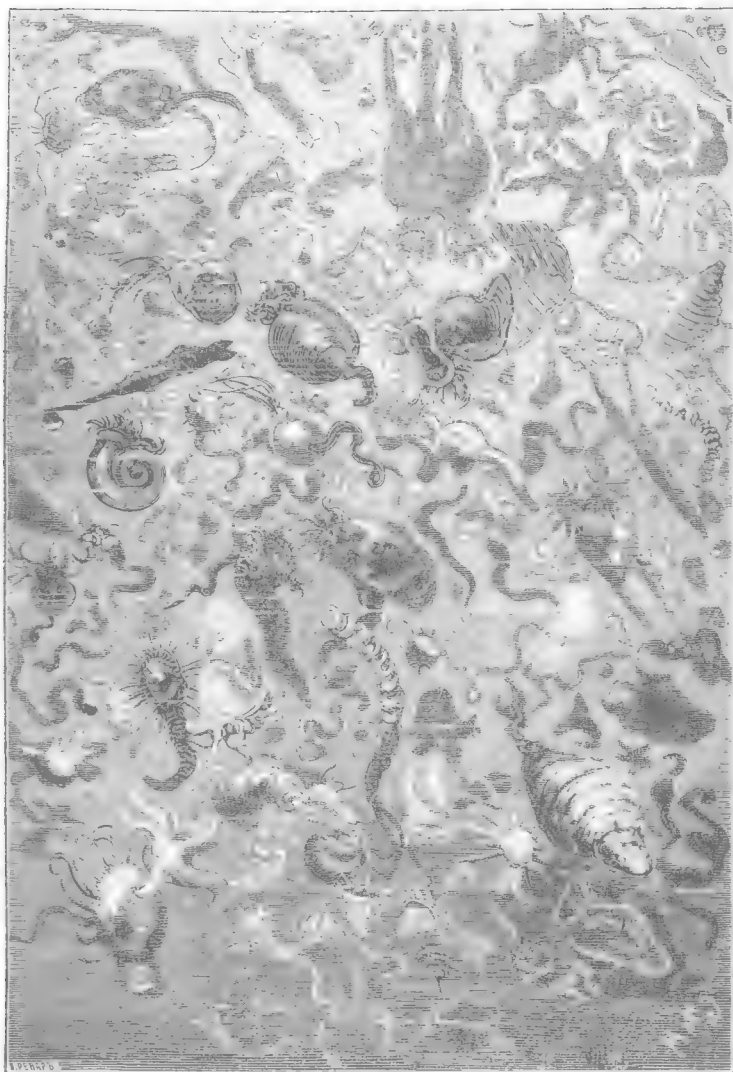
Подлежащій изученію предметъ помѣщается на такъ-называемомъ предметномъ столики M и освѣщается—снизу рефлекторомъ m, въ томъ случаѣ, если онъ прозраченъ, или же сверху помощью чечевицъ, въ случаѣ непрозрачности.

Фигура 172 изображаетъ тотъ же приборъ, но со всѣми его второстепенными частями; это—большой микроскопъ Нанса. Часто микроскопъ бываетъ бинокулярнымъ, т.-е. снабженъ двумя окулярами—для обихъ глазъ (фиг. 171).

Какимъ образомъ можно измѣрить степень увеличенія предмета микроскопомъ, а также срисовать наблюдаемый предметъ?—Для этой цѣли пользуются кускомъ стекла (форма его показана на фигурѣ 173), къ которому въ а прирѣзлена призмочка, тоже изъ стекла. Эта система имѣетъ такое свойство, что

\*) Въ телескопахъ объективъ имѣетъ большіе, а окуляръ малые размѣры; въ микроскопахъ наоборотъ.





Фиг. 174.—Обитатели капли испорченной воды, рассматриваемой подъ микроскопомъ.



Фиг. 178.—Механическая энергія: натянутый лукъ.

## КНИГА ВТОРАЯ.

### Электрическая энергія.

#### Глава I.

#### Э н е р г і я.

Механики, корифеи науки *механики* \*), признали *матерію* *косною*, лишенною способности *самостоятельно* измѣнять то состояніе, въ какомъ она находится въ данный моментъ. Еслибы, слѣдовательно, кромѣ *тѣла*, или *матеріальной системы* \*\*), разбѣянныхъ въ пространствѣ, ничего болѣе не существовало, то вселенная представляла бы собой сплошное, безконечно громадное холодное мертвое тѣло. Но въ дѣйствительности вселенная одарена движеніемъ, жизнью, и этимъ движеніемъ, этой жизнью она обязана тому таинственному дѣятелю, который извѣстенъ подъ названіемъ *энергіи* \*\*\*).

Согласно воззрѣнію, господствующему въ современной физикѣ, владычество надъ міромъ раздѣляютъ между собою двѣ отличныя одна отъ другой сущности—*матерія* и *энергія*, причемъ главную роль играетъ *энергія*: отъ послѣдней исходитъ все, что дѣлается, что совершается въ природѣ. Но характеръ и размѣры ея дѣятельности представляютъ весьма большое разнообразіе. Въ однихъ случаяхъ, она съ поразительною деликатностью приводитъ въ дѣйствіе въ высшей степени нѣжныя части самыхъ крошечныхъ снарядовъ (чему мы видѣли примѣры); въ другихъ,—являя свое всемогущество, она съ бѣшеною яростію бушуетъ въ атмосферѣ, потрясаетъ землю и выдмаетъ на страшную высоту морскія волны,—словомъ, производитъ несказанныя разрушенія, такъ что древніе, приведенные въ содроганіе этими стихійными проявленіями *энергіи*, стали обоготворять отдѣльныя стихіи. Такимъ образомъ явились: громовержецъ Юпитеръ, богъ вѣтровъ—Эолъ, богъ яростно волновавшій моря—Нептунъ и др.

\*) *Механика*, отъ греч. сл. *μηχανή* (механъ)—машина.

\*\*) *Система*, отъ греч. сл. *συστήσις* (систѣма)—собраніе; *матеріальная система*—собраніе матеріальныхъ частицъ.

\*\*\*) *Энергія*, отъ греч. слова *ενέργεια* (энергея)—дѣятельность.

Количество энергіи, собранной, скрытой въ различныхъ организованныхъ и неорганизованныхъ системахъ, безконечно различно. Что такое, въ самомъ дѣлѣ, энергія сырнаго клеща,—мельчайшаго изъ видимыхъ простымъ глазомъ животныхъ,—по сравненію съ энергіей льва, слона или кита,—а энергія этихъ послѣднихъ—по сравненію съ энергіей, обнаруживающейся въ буряхъ, вулканическихъ изверженіяхъ и землетрясеніяхъ? Наконецъ, вѣдь и только-что названная энергія—ничто въ сравненіи съ энергіей, которою земля и другія небесная тѣла увлекаются въ своемъ вѣчномъ движеніи!

Представленіе объ *энергіи* отнюдь не отвлеченіе и не менѣе реально, чѣмъ представленіе о *матеріи*. Свойство, одинаково присущее имъ обѣимъ, именно *неразрушимость*, доказываетъ существованіе первой въ такой же мѣрѣ, какъ второй. Геніальный химикъ Лавуазье однажды, въ порывѣ вдохновенія, сказалъ, что „въ природѣ ничто не теряется и ничто не создается вновь“, и съ тѣхъ поръ все возрастающее число химическихъ измѣреній лишь подтверждаетъ справедливость этого простого, но величественнаго закона, развитого во всехъ наблюдаемыхъ явленіяхъ. Дѣйствительно, опыты убѣждаютъ насъ въ томъ, что мы не въ состояніи ни произвести, ни уничтожить и малѣйшаго количества *матеріи*,—но, съ другой стороны, физическія измѣренія учатъ, что то же самое относится и къ *энергіи*. Подобно *матеріи*, и энергія можетъ измѣнять свою форму, переходить изъ одной системы въ другую, но то, что, повидимому, исчезаетъ въ одномъ мѣстѣ, тотчасъ появляется въ другомъ. Ни разрушать, ни создать вновь даже и ничтожнѣйшей частіи *матеріи* или *энергіи* невозможно. *Сохраненіе матеріи и сохраненіе энергіи*—вотъ тѣ два свѣточа, которыми оваряются современныя физическія изслѣдованія и размышленія.

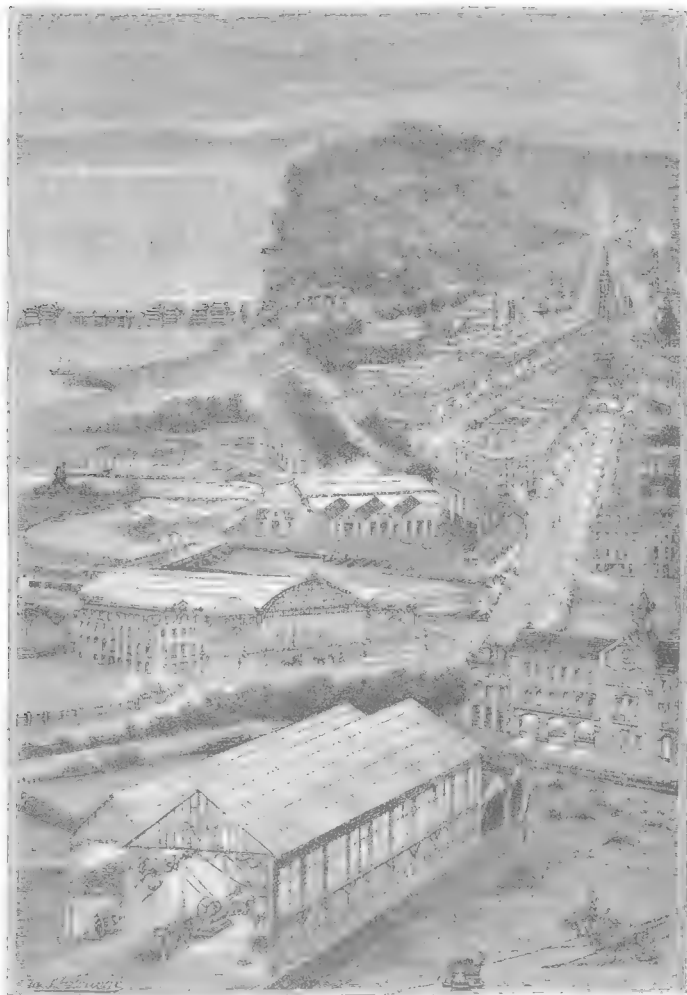
Человѣкъ искони стремился подчинять своимъ цѣлямъ, пользоваться для удовлетворенія своихъ потребностей развитой вокругъ него энергіей; старался, для увеличенія собственной своей энергіи, заимствовать таковую у различныхъ природныхъ системъ. На какъ овладѣть этой энергіей? Какъ получить ее, а вѣстимъ дать ей желаемое приложеніе—извлечь изъ нея потребную работу?

Сначала сдѣлаемъ обзорѣніе,—мы можемъ сдѣлать это не безъ нѣкоторой гордости,—того могущества, какимъ мы уже обладаемъ въ настоящее время. Посмотримъ на *обращенный городъ*, представленный на фигурѣ 178.

Далекій отъ города водопадъ, силою паденія воды на лопатки многочисленныхъ огромныхъ колесъ, приводитъ эти послѣднія во вращательное движеніе, которое передается индукціоннымъ машинамъ, помѣщеннымъ подъ навѣсомъ, справа отъ колесъ; такимъ путемъ энергія движенія воды превращается въ электрическую энергію; послѣдняя, по сѣти воздушныхъ и подземныхъ проводовъ, передается въ соответствующие пункты, гдѣ и утилизируется, смотря по дѣлу: одна часть ея превращается въ свѣтъ—для освѣщенія города, другая—въ теплоту, употребляемую на металлургическихъ заводахъ (для обработки чугуна, желѣза, алюминія), третья—служить телеграфу и телефону, четвертою пользуются въ гальванопластическихъ заведеніяхъ; далѣе, эта энергія является рабочей силой въ механическихъ мастерскихъ, двигателемъ желѣзнодорожныхъ поѣздовъ, трамваевъ, молотильныхъ машинъ и т. д., и т. д. \*). Словомъ, эта энергія находитъ всевозможныя приложенія.

Какъ видно изъ только-что сказаннаго, могущество человѣка достигло уже значительной степени. Долгое время онъ вынужденъ былъ, для удовлетворенія своихъ нуждъ, довольствоваться своей собственной энергіей и энергіей немногихъ домашнихъ животныхъ; но благодаря неустанной работѣ своего пытливаго ума, онъ въ настоящее время обладаетъ умѣніемъ брать у природы недостающую ему энергію.

\*) Мы здѣсь имѣемъ въ виду „электрическій городъ“, т. е. городъ Скрентонъ, близъ Филадельфіи, который, существуя всего три года, насчитываетъ уже 90000 тыс. жителей. Въ названномъ городѣ электричествомъ не только освѣщаются улицы, не только приводятся въ дѣйствіе почти всѣ машины, но и приводятся въ движеніе всѣ общественныя экипажи.



Фиг. 179.—Образцовый городъ.

Энергін: электрическая, тепловая и сѣтловая, доставляемая энергіей водопада.

Но что же такое *энергія*?

При настоящемъ состояніи нашихъ знаній, вѣтъ возможности опредѣлить *сущность* энергіи точно такъ же, какъ нельзя опредѣлить сущность матеріи,— и это обстоятельство должно особенно умалять нашу гордость. Нашему наблюденію доступны только разнообразныя *проявленія* энергіи, или *формы*, въ какихъ она воздѣйствуетъ на наши органы чувствъ; мы, такъ сказать, видимъ и разбираемъ чудесныя превращенія волшебника, но самъ волшебникъ намъ пока невидимъ.

Единственное, что мы можемъ сказать, это то, что *носителемъ всякаго явленія есть матерія, а причиною изъ служитъ перемѣненіе или превращеніе энергіи*. Въ основу группировки явленій положены производимыя ими на насъ впечатлѣнія; такъ, мы различаемъ механическія, электрическія, тепловыя и свѣтвыя явленія. Тотъ же принципъ естественно распространенъ и на соотвѣтствующія формы энергіи; поэтому въ настоящее время говорить о механической, электрической, тепловой и свѣтовой энергіи. Изученіе всѣхъ названныхъ формъ энергіи самихъ по себѣ и ихъ взаимныхъ соотношеній составляетъ предметъ физики.

Теперь скажемъ, что именно разумѣютъ подъ *механической энергіей*. Вотъ лукъ съ натянутой тетивой (см. 178); въ немъ не замѣтно никакого движенія, но въ лукѣ, въ этой системѣ есть вѣчто такое, что рвется дѣйствовать и что тотчасъ придетъ въ дѣйствіе, лишь только тетива будетъ отпущена: тогда стрѣла отлетитъ далеко, а тетива придетъ въ свое нормальное состояніе. Это выражаютъ, говоря, что *натянутый лукъ*, хотя и находится въ неподвижномъ состояніи, заключаетъ въ себѣ скрытую отъ насъ механическую энергію. Въ этомъ состояніи энергія называется *потенціальной* \*); это *запасная, скрытая энергія*.

Согнутая пружина точно также обладаетъ *потенціальной энергіей*, такъ какъ по освобожденіи ея отъ давленія, она способна поднять положенное на нее тѣло. Такую же систему образуетъ земля вмѣстѣ съ поднятымъ на нѣкоторую высоту покоящимся тѣломъ, напр., подвѣшеннымъ на нити: достаточно перерѣзать нить для того, чтобы тѣло тотчасъ же пришло въ движеніе, устремилось къ землѣ. Таковы примѣры, показывающіе, что *потенціальная, или скрытая энергія*, истрачиваясь, въ то же самое время сообщаетъ движеніе матеріи.

Замѣтимъ, что *потенціальная энергія* названныхъ системъ зависитъ отъ формы послѣднихъ, ихъ конфигураціи, положенія; такъ, чѣмъ болѣе согнута пружина или натянута лукъ, чѣмъ выше отъ земли поднято тѣло, тѣмъ энергія этихъ системъ значительнѣе; по этой причинѣ *потенціальную энергію* часто также называютъ *энергіей положенія*.

Движущееся тѣло также представляетъ собой источникъ энергіи, такъ какъ встрѣчая на своемъ пути другія тѣла, оно способно привести въ движеніе и эти послѣднія: такъ, одинъ бильярдный шаръ, ударившись о другой, заставляетъ его покатиться, причемъ замѣтнымъ образомъ замедляется его собственный ходъ. Тотъ видъ энергіи, какимъ обладаетъ тѣло единственно благодаря тому, что оно находится въ движеніи, называется *кинетической* \*\*) или *дѣйствительной энергіей*, а также *силою*. Движеніе можетъ быть почерпнуто какъ изъ *потенціальной*, такъ равно и изъ *дѣйствительной* энергіи матеріальной системы. Сумма обѣихъ формъ энергіи составляетъ полную *механическую энергію* системы.

Спрашивается теперь: дѣйствительно ли эти двѣ энергіи—*потенціальная* и *дѣйствительная*—представляютъ собою двѣ различныя формы?—Морисъ Леви думаетъ, что „при настоящемъ состояніи науки было бы безумно пытаться разрѣшить этотъ вопросъ; быть можетъ, наступитъ день, когда всѣ механическія явленія можно будетъ объяснять простыми превращеніями движенія, совершающимися при посредствѣ эфира, какъ вещества связующаго между собою всѣ тѣла въ при-

\*) Отъ лат. сл. *potentia*—сила. *Потенціальная, или возможная энергія есть способность покоящагося тѣла совершить работу*.

\*\*) *Кинетическій*, отъ греч. *κίνησις* (κινεμα)—движеніе.

родъ; тогда, конечно, представлѣніе о *потенціальной энергіи* должно будетъ исчерпано изъ науки; но до тѣхъ поръ считаться съ обоими видами энергіи совершенно необходимо!"

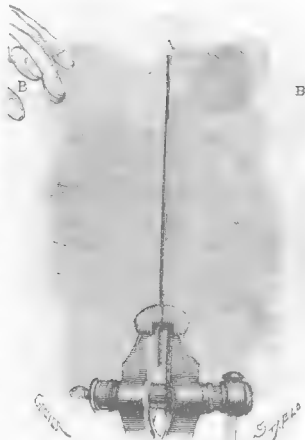
Посмотримъ, на классическомъ примѣрѣ, какимъ образомъ *потенціальная и кинетическая энергіи* переходятъ одна въ другую надлежащимъ путемъ.

Упругая пластинка А на одномъ концѣ зажата въ тиски (фиг. 180). Въ этомъ *положеніи*, если разсматривать ее независимо отъ всѣхъ остальныхъ тѣлъ, она, можно сказать, не обладаетъ потенциальной энергіей; то же самое будетъ всякій разъ, когда она займетъ указанное *положеніе*. Но какъ скоро она перейдетъ въ положеніе В, первоначальная форма ея будетъ нарушена, *положеніе* ея измѣнится, и влѣдствіе этого она будетъ обладать потенциальной энергіей, которая будетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше измѣнится форма. Если теперь предоставить пластинку самой себѣ, она будетъ стремиться принять свою нормальную конфигурацію А, утрачивая ту потенциальную энергію, которая обуславливается нарушениемъ формы матеріальной системы; но по мѣрѣ того, какъ упругая пластинка, покинувъ положеніе В, приближается къ А, т. е. *растрачиваетъ* ранее *приобретенную потенциальную энергію*, — *появляется дѣйствительная энергія*; послѣдняя равнялась нулю, когда пластинка покоилась въ В, и постоянно и замѣтно возрастала до А; такъ дѣйствительная энергія вступаетъ мѣсто потенциальной. Затѣмъ пластинка, перешедши положеніе А, двигается вправо отъ А, все болѣе измѣняясь въ формѣ до В', причемъ движеніе замѣтно ослабляется отъ А до В', такъ что пластинка, наконецъ, останавливается въ В' для того, чтобы точно такъ же вновь отойти влево: *отъ А до В' дѣйствительная энергія все болѣе и болѣе переходитъ въ скрытое состояніе, въ потенциальную энергію*. Описанныя явленія будутъ повторяться неограниченно долгое время.

Фиг. 180.—Взаимныя превращенія потенциальной и кинетической энергіи.

Такія превращенія встрѣчаются въ природѣ на каждомъ шагѣ. Потенциальная энергія, *зависящая отъ положенія* свѣгоу въ на вершинахъ горъ, достигаетъ огромной величины: всѣмъ извѣстна ужасающая сила, приобретаемая лавинами, когда, при паденіи ихъ съ большой высоты, ихъ потенциальная энергія превращается въ дѣйствительную. Вода, покоющаяся въ какомъ-нибудь высоко лежащемъ резервуарѣ, обладаетъ, благодаря своему положенію, значительною потенциальною энергіей, которая паденіемъ воды съ высоты обратится въ полезную для насъ дѣйствительную энергію: въ этомъ кроется тайна энергіи, которою обладаютъ рѣки и водопады. Потенциальная энергія постепенно превращается въ дѣйствительную, по мѣрѣ того какъ вода, покинувъ свое первоначальное положеніе, опускается все ниже и ниже.

Если разсматривать двѣ системы, — изъ которыхъ одну образуетъ пружина съ поддерживаемымъ ею тѣломъ, а другую — земля съ тѣмъ же тѣломъ; притягиваемымъ ею, — въ состояніи покоя, *равновѣсія*, то мы убѣдимся, что обѣ системы обладаютъ одинаковою склонностью къ взаимному сообщенію энергіи; другими словами, онѣ дѣйствуютъ одна на другую съ одинаковою *силою*: дѣйствіе равно противодействию. Такимъ образомъ *силою* называютъ склонность къ сообщенію другъ другу своей энергіи, присущую двумъ связаннымъ между собою системамъ.



Общая окончательная участь всѣхъ разновидностей потенциальной энергіи, иначе энергіи положенія, — говоритъ Бальфуръ Стюартъ \*), — это превращеніе въ дѣйствительную, иначе энергію движенія. Первую можно сравнить съ капиталомъ, положеннымъ въ банкъ, вторую — съ предназначенной для текущихъ расходовъ, наличною суммою; въ случаѣ надобности, мы, конечно, можемъ взять сколько угодно и изъ денегъ, хранящихся въ банкѣ; точно такъ же можно воспользоваться, по желанію, дѣйтельной энергіей или энергіей положенія. Но быть можетъ, еще лучше прибѣгнуть къ слѣдующему сравненію. Сравнимъ водяную мельницу съ вѣтряной; въ первомъ случаѣ мы можемъ открывать плотины когда намъ угодно, во второмъ — мы вынуждены дожидаться вѣтра (кинетиической энергіи). Въ первомъ случаѣ мы независимы, какъ богатъ, во второмъ — зависимы, какъ бѣднякъ. Продолжая последнее сравненіе, скажемъ, что большой капиталистъ, или вообще человѣкъ, достигшій *высокаго положенія*, пользуется уваженіемъ вслѣдствіе того, что располагаетъ *большимъ количествомъ* энергіи; занимая тотъ или иной высокій постъ, онъ сидитъ только своимъ правомъ распоряжаться работою *другихъ*. Когда богатый человѣкъ платитъ своему рабочему, онъ въ сущности *лишь* обращаетъ нѣкоторое количество своей потенциальной энергіи, или *энергіи* положенія, въ дѣйствительную, или энергію движенія, совершенно такъ, какъ мельникъ, выпускающій нѣкоторое количество воды изъ своего пруда для совершенія нѣкоторой работы<sup>4</sup>.

Мы пользуемся, однако, не только потенциальной или дѣйствительной энергіей системъ, обладающихъ непосредственно видимымъ движеніемъ, или такихъ, движеніе которыхъ можетъ быть обнаружено тѣмъ или инымъ приспособленіемъ, но и такими энергіями, которыхъ нельзя открыть ни по конфигураціи системы, ни при внимательномъ изслѣдованіи последней. Пояснимъ это нѣкоторыми примѣрами. Положимъ 12 граммовъ \*\*) угля въ чашечку С (фиг. 183), помѣщенную въ атмосферѣ кислорода. Полученная такимъ образомъ система не обнаруживаетъ никакой дѣйтельности. Но если зажечь уголь, то онъ быстро сгоритъ съ яркимъ свѣтомъ, образовавъ новое вещество — углекислый газъ, или углекислоту. Произведя это сжиганіе въ осудѣ, въ одной изъ камеръ котораго налита вода, т.-е. въ *калориметръ* \*\*\*), какъ показано на фигурѣ, убѣдимся въ томъ, что при этомъ отдѣляется столько тепла, сколько требуется для того, чтобы нагрѣть 1 килограммъ воды на 97 градусовъ Цельсія (97° Ц). Иначе выражаютъ это, говоря, что при этомъ образуется 97 *калорій*, называя калоріей количество теплоты, требующееся для того, чтобы нагрѣть 1 килограммъ воды на 1 градусъ Цельсія.

Эту-то именно теплоту, отдѣляющуюся при сгораніи угля, наши паровыя машины, какъ увидимъ далѣе, превращаютъ (правда, далеко не вполне) въ кинетическую, или дѣйствительную энергію: ею именно вращаются колеса и приводятся въ движеніе различныя часты этихъ машинъ. Каждая издерживаемая калорія производитъ 425 *килограммметровъ работы*, что соответствуетъ количеству энергіи, достаточному для поднятія 1 килограмма на высоту 425 метровъ \*\*\*\*).

При раствореніи металла, въ кислотѣ, напр., мѣди въ азотной кислотѣ также отдѣляется теплота. Вообще всѣ химическія реакціи сопровождаются обнаруженіемъ тепловой энергіи, которая весьма тщательно измѣряется современными изслѣдователями. Эта энергія изучается въ специальномъ отдѣлѣ химіи, называемомъ *термохиміей*.

Помимо описанныхъ системъ, существуютъ еще болѣе замѣчательныя, скрывающія въ себѣ огромную энергію. Это именно *электрическія системы*, которымъ достаточно малѣйшаго толчка для произведенія ужасающаго механическаго дѣй-

\*) *Созрѣаніе энергіи.* — Бальфуръ Стюартъ — членъ лондонскаго Королевскаго Общества и профессоръ натуральной философіи (физики) въ Оуэсовѣ коллегіи въ Манчестерѣ.

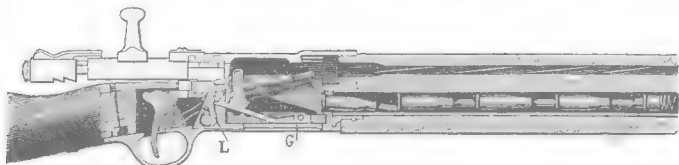
\*\*) *Граммъ* есть вѣсъ кубическаго сантиметра чистой воды при 4° Ц. равенъ около 0,25 золотника. Тысяча граммовъ составляетъ одинъ *килограммъ* (около 2,5 фунта). Одна десятая часть грамма называется *дециграммомъ*, одна сотая — *сантимграммомъ*, а одна тысячная — *миллиграммомъ*.

\*\*\*) Отъ лат. *calor* (калоръ) — теплота и греч. *metron* (метровъ) — мѣра.

\*\*\*\*) 1 метръ = 3,281 фут., или 1,406 арш. (около 0,5 сажени). 1 метръ = 10 децим. = 100 сантим. = 1000 миллим.

отвия. Такими свойствами обладают различные сорта обыкновенного пороха \*), хлопчатобумажный порох \*\*) иногда называемый пироксилином, динамит \*\*\*), и т. п. вещества, но больше всего — гремучая ртуть (иначе гремучертутная соль), применяющаяся при изготовлении пистонов. Значение этих веществ заключается как в большом количестве присущей им энергии, так и в той легкости, с какою последние освобождаются ими.

К числу взрывчатых систем, придуманных в самое последнее время, принадлежит *бездымный порох*, полученный Виелем. Этот именно порох употребляется при изготовлении патронов для ружья Лебеля (фиг. 181) \*\*\*\*).



Фиг. 181.—Ружье Лебеля.

Продольный разрез: патрон из направляющей трубки выталкивается в казенную часть при закрытии казенного винта.

В отставшей в этом отношении Германии в настоящее время также готовится бездымный порох, употребляющийся для ружья „нового образца (1888 г.)“ (фиг. 182) \*\*\*\*\*).

\*) Различные сорта пороха представляют весьма различный состав. Одни заключают, в различных пропорциях, селитру, сир и уголь, — это селитренный порох; в других в названные вещества прибавляют еще хлорозаво-калия (бертолетова) соль. Затем есть сорта, содержащие одну из солей пикриновой кислоты, селитру и уголь. Пикриновая кислота (тринитрофенол) найдена Гаусманом в 1788 г. В настоящее время ее получают, обрабатывая слегка загретый фенол, полученный из каменноугольного масла, концентрированной азотной кислотой: образуется насыщенно-желтая тестообразная масса, растворяющаяся в кипящей воде и по охлаждении кристаллизующаяся в вид светложелтых игл.

\*\*) *Хлопчатобумажный порох* (гремучая вата, нитроглицерин) впервые получил Шеибель в 1845 г., путем обработки хлопчатой бумаги надлежащей смесью азотной и серной кислот. Вначале способ приготовления держался в секрете, но вскоре он был найден различными химиками Англии, Германии и других стран. Вещество это, вполне сохраняя вид хлопчатой бумаги, приобретает совсем иные свойства. От удара воспламеняется, сгорает быстро и без остатка.

\*\*\*). Так называются смеси нитроглицерина с пористыми веществами — углем, песком, древесными опилками, хлопчатой бумагой и пр. Нитроглицерин получен А. Соберо в неаполитанской лаборатории. В 1860 г. шведскому инженеру Альфреду Нобелю удалось приготовить это столь опасное вещество в больших количествах. Прибавляя к глицерину, полученному из животных жиров, смесь азотной и серной кислот, получают желтую маслянистую жидкость, опускающуюся на дно сосуда; это и есть нитроглицерин.

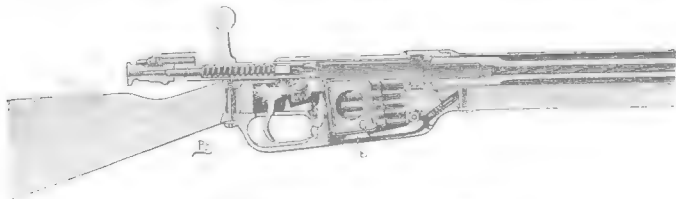
\*\*\*\*). Резервуар, или магазин у ружья Лебеля образуется трубкой, смежной с трубкой ствола; патроны расположены в магазин в ряд, один за другим; проводочная пружина толкает их назад, в направляющую трубку, которая, поднимаясь, выталкивает их из магазина в казенную часть, по приведении в движение казенного винта. Когда направляющая трубка поднимается, перед очередным патроном в магазин закрывается задержка G. Наконец, для параллелизма действия ретентивного механизма служит рычаг L. Когда этот последний оттолкнут вперед, направляющая трубка не опускается, и тогда ружье действует, как однозарядное, в котором патрон входит в казенную часть просто рукою. *Ружье Лебеля* без своей шпашки — ствол имеет в длину 1 метр 307 милл., и винт пустое — 4 килограмма 180 грам., а в восемь патронов в магазин — 4 кал. 415 гр.

\*\*\*\*\*). Новое *милековское ружье*, в принципе, отличается от ружья Лебеля только тем, что оно — *заряжающееся* оружие, между тем как французское есть *магазинное* ружье. Германия, в виду того, что ее древнее, ретентивное ружье было магазинное, а ружье нового образца — заряжающееся, считает последнее лучшим. В новом ружье патроны пакетными в пять штук укладываются в зарядной коробке С, расположенной в особой камере в казенной части оружия. Подъемник Е толкает патрон снизу вверх; таким образом, до истощения запаса на очереди всегда стоит наименьший в камере патрон. Опустив, зарядная коробка сама собою, в силу собственной тяжести, падает на землю, так что не приходится ее вынимать. Пустое — ружье весит всего 3 килогр. 800 грам.



Баллистическія свойства у обоихъ ружей почти одинаковы. Начальная скорость составляетъ 620 метровъ въ секунду, а максимальное разстояніе полета—3 километра 800 метровъ. На разстояніи ста метровъ пуля пробиваетъ еловое дерево на протяженіи 80, а песокъ—80 сант.; въ двухъ стахъ метрахъ—еловое дерево на протяженіи 45, а песокъ—50 сант.; наконецъ, въ восьми стахъ метрахъ она еще пробиваетъ ель на 5 сантим. Такъ велика энергія, сообщаемая пулѣ при взрывѣ нѣсколькихъ граммовъ пороха Виедля давленіемъ, производимымъ на нее образующимися пороховыми газами.

Аппаратовъ, помощью которыхъ опредѣляется величина механическаго дѣйствія, и въ частности—давленіе, развиваемое извѣстнымъ вѣсовымъ количествомъ взрывчататаго вещества, заключеннымъ въ пространствѣ извѣстнаго объема,—существуетъ большое множество. Мы въ нѣсколькихъ словахъ опишемъ, но Бер-



Фиг. 182.—Нѣмецкое ружье (новаго образца).

Продольный разрѣзъ: зарядная коробка уложена и казенный винтъ открытъ.

тело \*), только аппаратъ, называемый *крошерамъ* \*\*) (фиг. 183). Онъ состоитъ изъ стальной цилиндрической пробной mortarки, имѣющей 22 миллим. внутренняго діаметра и вмѣстимость въ 24,3 кубич. сантим. Вверху mortarка закрывается металлической пробкой, въ которой расположенъ *воспламеняющій механизмъ*.

Зарядъ, подвѣшенный въ серединѣ mortarки, помѣщается въ цилиндрическомъ патронѣ *g*, форма котораго повторяетъ внутреннюю форму mortarки. Черезъ зарядъ проходитъ проволока *f f*, которую, для произведенія взрыва, накалываютъ до-красна, пропуская чрезъ нее электрическій токъ. *Крошера*, въ тѣсномъ смыслѣ, примѣненный капитаномъ Ноблемъ въ Англіи, при опытахъ надъ сгораніемъ пороха, виденъ въ *ab*; онъ состоитъ изъ поршня изъ закаленной стали, могущаго двигаться съ легкимъ треніемъ въ каналѣ, сдѣланномъ въ серединѣ пробки, и мѣднаго цилиндрика *b*, вставленнаго между головкой поршня и пробкой, винченной въ дно аппарата.

Въ моментъ взрыва, поршень *a* отталкивается внизъ и болѣе или менѣе раздавливаетъ мѣдный цилиндръ *b*. Если аппаратъ предварительно былъ тарированъ, т.-е. если была опредѣлена величина раздавливанія такого мѣднаго цилиндра различными опредѣленными грузами, то на лицо будутъ всѣ данныя для опредѣленія давленія, развиваемаго даннымъ взрывчатымъ веществомъ. Энергія, сообщаемая выбрасываемому тѣлу, зависитъ, кромѣ давленія на него, и отъ быстроты развитія этого давленія.

Наиболѣе значительное давленіе развивается гремучей ртутью \*\*\*). Взрывая

\*) Пьеръ-Эженъ-Марселенъ Вертелло, род. въ Парижѣ 27-го окт. 1827 г., знаменитый ученый и важный сановникъ. Изъ замѣчательныхъ трудовъ его укажемъ на слѣдующіе: *Руководство органической химіи, Сила пороха и взрывчатыхъ веществъ, Химическій синтезъ, Опытъ химической мезаники, основанной на термохиміи, Объ алхиміи и Наука и философія*.

\*\*) *Крошера*, отъ англ. слова *crush* (крошъ)—ударъ, треніе.

\*\*\*) Для приготовления гремучей ртути растворяютъ одну часть ртути въ двѣнадцати частяхъ азотной кислоты, въ раствору приливаютъ 11 частей 86-процентнаго спирта, затѣмъ нагреваютъ до кипѣнія въ песчаной банѣ. Какъ только начинается кипѣніе, прекращаютъ нагреваніе, и реакція продолжается сама собой. По окончаніи реакціи на дно сосуда выпадаетъ осадокъ гремучертутной соли. Осадокъ процѣживаніемъ собираютъ на фильтрѣ и промываютъ до тѣхъ поръ,

въ замкнутомъ пространствѣ объема, равнаго объему взятаго вещества, она производитъ давленіе, достигающее колоссальной цифры—*двадцати семи тысячъ килограммовъ на одинъ квадратный сантиметръ*, т.-е. стѣнки сосуда испытываютъ такое давленіе, какъ если бы каждый квадратный сантиметръ былъ обремененъ грузомъ въ 27000 килограммовъ.



Фиг. 183.—Тепловая энергія, развиваемая при сжиганіи угля.

D—платиновый калориметръ съ водою; E—посеребренный внѣшній сосудъ; F—двойной жестяной внѣшній сосудъ съ водою; ff—футляръ изъ толстаго войлока; V—камера для сжиганія—стеклянный сосудъ, въ который кислородъ приводится трубкой I; SS—извѣстная стеклянная трубка (жѣвонецъ), открывающаяся въ камеру V и выводющая газъ изъ камеры; A—чашка; T—термометръ; C—чашка съ углемъ.

2. Опытъ Вертело съ крошечномъ давленіе, развиваемое взрывающимъ веществомъ.

Патрѣонъ съ заключающимся въ немъ зарядомъ; a—поршень; b—жѣдный цилиндръ; ff—проволока для пропусканія тока въ патрѣонъ.

Изъ приведенныхъ примѣровъ видно, что въ природѣ имѣются къ услугамъ промышленности безмѣрные количества энергіи, пока не находящей себѣ

пока стекающая вода не перестанетъ обнаруживать кислую реакцію. Гремучая соль представляется въ видѣ желтовато-бѣлыхъ кристалловъ; отъ нагреванія или удара взрываетъ съ ужасной силою; когда она высыхаетъ, съ ней очень трудно обращаться. Такъ какъ разложеніе гремучей ртуті со- мершается мгновенно, то употреблять это вещество вмѣсто пороха для огнестрѣльнаго оружія не- возможно: ни одно орудіе не выдержитъ взрыва, — пушка разорвется, а ядро не тронется съ мѣста.

приложѣнія, во должнотвующей найти таковое въ болѣе или менѣе близкомъ будущемъ. Правда, уже и теперь отчасти утилизируется энергія вѣтровъ, рѣкъ и водопадовъ, а также энергія, развиваемая различными химическими реакціями, сгораніемъ нѣкоторыхъ веществъ, но все это ничто въ сравненіи съ тою энергіею, какую могли бы доставлять намъ дѣйствія различныхъ стихій,—движеніе волнъ, морскіе приливы и отливы, изверженія вулкановъ, землетрясенія и т. п.

Можно, впрочемъ, указать на примѣненіе *энергіи волнъ*, сдѣланное въ послѣднее время въ Ошентъ-Гровъ, въ 83 верстахъ на югъ отъ Нью-Йорка (*тамъ* 184).

„Въ этой мѣстности\*“) силою волнъ воспользовались для поднятія морской воды въ резервуаръ водонапорной башни, откуда она распределялась по сообществу для орошенія уличъ. Между устоями подвѣшенъ рядъ платформъ,—на фигурѣ особенно хорошо видна одна,—могущихъ вращаться на горизонтальной оси, расположенной въ верхней части платформъ. Длина у этихъ платформъ такова, что во время отлива онѣ погружаются въ море на  $\frac{1}{2}$  метра, во время прилива — на 2,1 метра, а шарина около двухъ метровъ. При своемъ движеніи волны качаютъ эти платформы на поддерживающихъ ихъ осяхъ. Верхними частями платформъ соединяются посредствомъ крѣпкихъ прутьевъ со стержнемъ поршня горизонтально расположеннаго насоса. Каждому движенію платформы соответствуетъ движеніе поршня, вгоняющаго нѣкоторое количество воды въ резервуаръ, помѣщающійся на верху башни вышиною въ двѣнадцать метровъ. Это сооруженіе вполне удовлетворяетъ своему назначенію и въ спокойные дни\*\*).

Сила волнъ бываетъ иногда колоссальная; по опытамъ инженера Оттенсона, произведеннымъ на западномъ берегу Шотландіи, совершенно открытому для яростнаго нападѣнія волнъ Атлантическаго океана, среднее давленіе, производимое волной на 1 кв. футъ, равно 277 килограммамъ въ лѣтніе мѣсяцы и 946 килограмм. въ теченіе шести зимнихъ мѣсяцевъ. Во время бури давленіе это доходитъ до 2759 килограмм. Тотъ же изслѣдователь вычислилъ, что Белль-Рокскому маяку на Сѣверномъ морѣ однажды въ бурю пришлось выдерживать давленіе со сто-

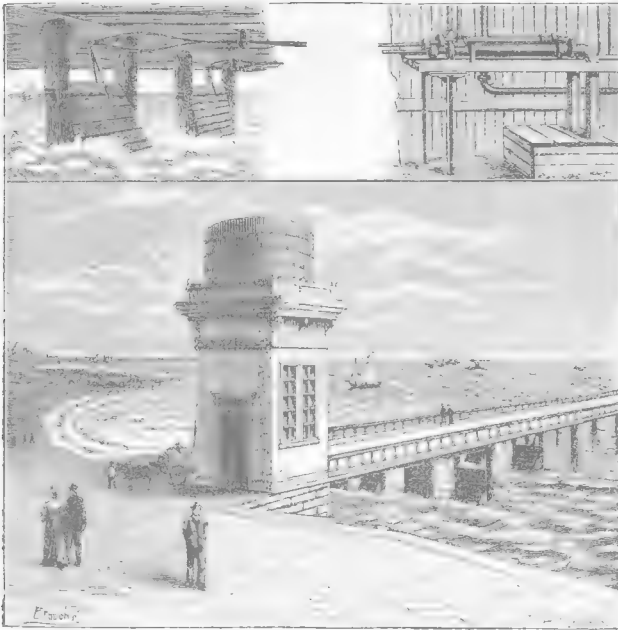
\**Космосъ и природа*, октябрь и ноябрь 1889 г.

\*\* Въ сообщеніи, сдѣланномъ въ академіи наукъ (засѣданіе 12-го мая 1890 г.), Морисъ Леви описалъ придуманный инженеромъ путей сообщенія Денеромъ практичный способъ собранія и передачи *энергіи морскихъ приливовъ и отливовъ*, состоящій въ особомъ расположеніи бассейновъ съ турбинами. По этому способу, турбины расположены въ поперечной стѣнѣ, которая отдѣляетъ одинъ отъ другого два бассейна, въ свою очередь отдѣленные отъ моря водоотпавомъ плотиню. Вода входитъ въ первый бассейнъ во время прилива черезъ отверстія въ плотинѣ, снабженной клапанами, открывающимися во внутрь. Она *безпрерывно* переходитъ изъ одного бассейна въ другой черезъ турбины, приводя въ движеніе эти послѣднія; движеніе же турбинъ утилизуется для той или иной цѣли; во время отлива вода выходитъ въ море изъ второго бассейна черезъ отверстія, снабженные клапанами, открывающимися наружу. Средняя высота паденія воды при этомъ достигала 2 метровъ при амплитудѣ колебанія уровня воды въ 3 метра; развиваемая при этомъ сила равнялась бы 3 лошадинымъ силамъ (паровымъ лошадямъ) на 1 гектаръ (1 гектаръ есть квадратная мѣра—десяти тысячамъ  $(100 \times 100)$  кв. метр., или 0,915 десятинъ) площади плотинъ. Для средней амплитуды въ 6,5 метр. (какъ при устьѣ рѣки Сенъ) развиваемая сила равнялась бы 6 лошад. силамъ, что составляетъ ежегодную экономію въ 1200 франковъ. Лошадиная сила, т.-е. работа, равная 75 килограммъ въ 1 секунду, оцѣнивается въ 200 франк. въ годъ, что равно стоимости 10 тоннъ (1 тонна=1000 килограммамъ=около 61 пуд.) каменнаго угля, потребляемыхъ для произведенія такой работы въ теченіе года (1 тонна кам. угля стоитъ 20 франк.).

Описанная система приложенія силы приливовъ и отливовъ могла бы съ пользою применяться на берегахъ Ла-Манша, гдѣ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ размахъ колебанія уровня воды достигаетъ значительной величины, а также на устьѣхъ рѣкъ, гдѣ возведеніе плотинъ создало бы постоянный фарватеръ и устранило бы песчанна мелі, препятствующія судоходству.

Для улучшенія навигаціи на судоходной Сенѣ было и существуетъ множество проектовъ. Сочетаніемъ этихъ проектовъ съ проектомъ утилизаціи приливовъ и отливовъ на устьѣ Сенъ экономно достигалась бы указанная двойная цѣль. Плотиню километровъ въ 25 длиною, между Танкарвиллемъ и Гавромъ, можно было бы отдѣлить отъ русла рѣки площадь въ 7000 гекторовъ, покрываемую водою только во время прилива. Пользуясь этой площадью, какъ источникомъ дѣятельной силы, можно было дѣлать сбереженіе въ 8 милліоновъ 400 тысячъ франковъ, что соответствуетъ работѣ въ 42 тысячи лошадиныхъ силъ. Указанная энергія, помощью извѣстныхъ примѣровъ передачи, весьма производительно могла бы быть распределяема по окрестностямъ Гавра и даже по самому Парижу.

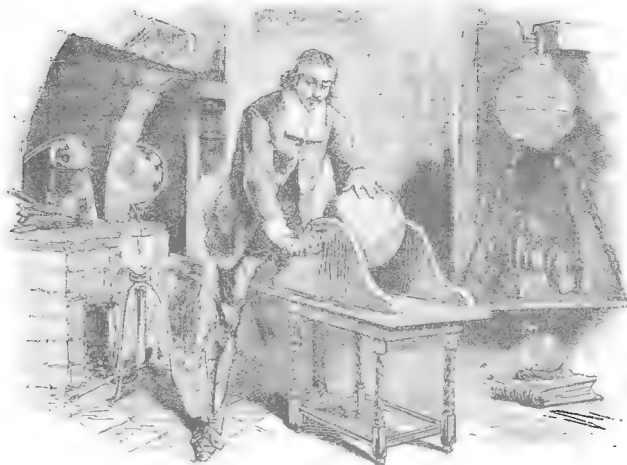
роны бушующихъ волнъ въ 8000 килограм. на каждый квадратный футъ. Во время другой бури, изъ западнаго конца Плимутской плотины вырвало и отнесло на 45 метровъ каменную глыбу вѣсомъ въ 7000 килограммовъ. Наконецъ, на Гебридскихъ островахъ одной только силою волнъ перенесло на нѣсколько метровъ глыбу вѣсомъ въ 42000 килограммовъ.



Фиг. 184.—Приложене энергіи волнъ.

Неудивительно, что утилизація природной энергіи до сихъ поръ приобрѣла относительно весьма малое развитіе, если вспомнить, что первые паровые двигатели появились на нашихъ выставкахъ не далѣе какъ въ 1855 г.

Для подобной утилизаціи требуется уметь въ каждомъ данномъ случаѣ собрать естественную энергію тамъ, гдѣ она обнаруживается, и безъ труда направить ее туда, гдѣ въ ней есть надобность, гдѣ ей предстоитъ то или иное превращеніе. Къ рѣшенію этой задачи послужить, а отчасти уже и теперь служить, наиболѣе любопытная форма энергіи, именно *электрическая энергія*, которой сейчасъ и займемся.



Фиг. 185.—Отто Герике и первая электрическая машина съ трениемъ.  
(Старый шаръ).

## Глава II.

### Электрическая энергія.

Подъ *электрическими явлениями* — результатомъ *электрической энергіи*, въ настоящее время разумѣютъ особую совокупность многочисленныхъ и крайне разнообразныхъ фактовъ, которую нѣтъ возможности опредѣлить въ нѣсколькихъ словахъ. Для получения точнаго представленія о современномъ характерѣ науки объ электричествѣ необходимо рассмотретьъ эти факты въ целесообразной послѣдовательности.

Исторія первыхъ мучительныхъ шаговъ этой науки, яркимъ свѣтомъ озаряющая все грандіозное зданіе послѣдней, будетъ рассказана нами только въ самыхъ главныхъ чертахъ.

Древнѣйшее изъ интересующихъ насъ явленій, именно—слушающее къ *опредѣленію* того, что слѣдуетъ понимать подъ *наэлектризованнымъ тѣломъ*, или *тѣломъ, заряженнымъ электричествомъ*, было извѣстно уже болѣе чѣмъ за шесть вѣковъ до Р. Х. Фалесъ Милетскій, одинъ изъ семи греческихъ мудрецовъ, упоминаетъ о любопытномъ свойствѣ *янтаря* притягивать къ себѣ всякія легкія тѣла, помѣщенные вблизи него. „Янтарь,—утверждаетъ философъ,—одаренъ душою и какъ бы дыханіемъ притягиваетъ къ себѣ легкія тѣла“. Плиній, спустя шестьсотъ лѣтъ, прибавляетъ къ этому, „что для сообщенія янтарю теплоты и жизни необходимо *треніе*“.

Янтарь есть ископаемая смола, сопровождающая горючіе пласты третичной формации; встрѣчается особенно въ песчаныхъ дюнахъ на берегахъ Балтійскаго моря, гдѣ и добывался финикійцами для ввоза въ Грецію. Греки приписывали янтарю мисологическое происхожденіе, считая его происшедшимъ изъ слезъ Гелиады, дочери солнца. „Это внимательство солнца въ происхожденіе янтаря,—говоритъ Гёфферъ,—представляется особенно любопытнымъ, если

сопоставить его съ позднѣйшимъ взглядомъ Кеплера, считавшимъ солнце огромнымъ магнитомъ, служащимъ мировымъ регуляторомъ\*).

Воское тѣло, обладающее, подобно янтари, способностью притягивать легкія тѣла, называется *наэлектризованнымъ* (терминъ этотъ происходитъ отъ греческаго названія янтара \*\*). Такимъ образомъ наипростѣйшій показатель *наэлектризованности* тѣла, наипростѣйшій *электроскопъ* мы имѣемъ въ притяженіи легкихъ тѣлъ, каковы, наприм.: шарики изъ бузиновой сердцевины, перышки, кусочки бумаги, капельки жидкости, густой дымъ и т. п.

Свѣдѣнія объ электричествѣ находились въ совершенномъ застоѣ въ теченіи свыше двухъ тысячъ лѣтъ; прогрессъ замѣчается только въ XVIII вѣкѣ. Въ 1600 г. было напечатано замѣчательное сочиненіе Вильяма Джильберта, врача англійской королевы Елисаветы, озаглавленное: *О магнитѣ*. Въ этой книгѣ описано множество электрическихъ опытовъ. Съ этого времени занимающая насъ наука усваиваетъ себѣ единственно плодотворный для нея—опытный методъ.

Послѣ разсужденія о „магнитномъ камнѣ“, или естественномъ магнитѣ, Джильбертъ замѣчаетъ, что драгоценные камни, каковы: алмазъ, сафиръ, рубинъ, аметистъ, опалъ и аквамаринъ, а также обыкновенныя вещества, какъ сѣра, шеллакъ, смола, каменная соль и стекло, будучи натерты сукномъ или чѣмъ-нибудь инымъ, приобрѣтаютъ способность притягивать легкія тѣла, перемѣщать легкую стрѣлку, установленную горизонтально на остріѣ. Съ тѣхъ поръ янтарь пересталъ считаться привилегированнымъ веществомъ, на способность электризоваться треніемъ стали смотрѣть какъ на общую воѣмъ тѣламъ, и развитіе науки стало идти впередъ быстрыми шагами. За годъ до смерти Джильберта, въ саксонскомъ городѣ Магдебургѣ родился Отто Герике \*\*, изобрѣтатель первой *электрической машины* (фиг. 185). Последняя состояла изъ простаго сѣрнаго шара (отлитого изъ расплавленной сѣры въ стеклянномъ баллонѣ), надѣтаго на горизонтальную ось, которую поддерживала деревянная стойка. Одной рукой, за рукоятку, шаръ приводился въ быстрое вращательное движеніе, а другою—непосредственно или обернутою сукномъ, касались шара, причѣмъ эта рука должна была быть совершенно сухою. Такимъ способомъ шаръ сильно наэлектризовывался и затѣмъ, снятый со стойки, служилъ для различныхъ опытовъ. Въ своихъ *Новыхъ магдебургскихъ опытахъ надъ пустотой* Отто Герике приводитъ, между прочимъ, къ слѣдующимъ выводамъ:

1) За притяженіемъ легкаго тѣла сѣрнымъ шаромъ тотчасъ же слѣдуетъ отталкиваніе этого легкаго тѣла (1672 г.).

2) Сѣрный шаръ отъ тренія сухой рукой въ темной комнатѣ свѣтится подобно сахару, когда его раскалываютъ.

3) Электрическое свѣщеніе сопровождается трескомъ, который дѣлается хорошо слышнымъ, если шаръ поднести къ уху.

По словамъ Анри Мартена \*\*\*), древніе несомнѣнно наблюдали электрическія искры и свѣщеніе, не зная, разумѣется, природы этихъ явленій. Вотъ что, напр., разсказываетъ Дамасцій, глава Аѳинской школы въ царствованіе Юстиніана. Въ V вѣкѣ, въ царствованіе Антемія, у римскаго патриція Севера былъ конь, который издавалъ искры, когда его натирали. Это чудо служило для Севера предзнаменованіемъ полученію консульскаго сана, въ который онъ дѣйствительно и былъ облеченъ въ 460 г. Основываясь на Плутархѣ, Дамасцій разсказываетъ еще, что у Тиверія въ дѣствѣ былъ осель, на которомъ наблюдалось то же явленіе, предвѣщавшее Тиверію будущую императорскую власть; что товарищи Атилле и отецъ великаго Теодориха, Баламиръ, самъ испускалъ изъ себя искры. „Магъ

\*) „Нлектронъ (электронъ)—янтарь.

\*\*) Отто Герике, германскій физикъ, род. въ Магдебургѣ въ 1606 г., ум. въ 1682 г. въ Гамбургѣ. Придумалъ не только первую электрическую машину, но и воздушный насосъ (пневматическую машину); занималъ также астрономіей и однимъ изъ первыхъ считалъ возможнымъ предсказать возвращеніе кометъ.

\*\*\*) *Молнія, электричество и магнетизмъ у древнихъ* (1866 г.).

самому, хотя и рѣдко,—присовокупляетъ Дамасцій,—приходится наблюдать многочисленныя искры, вылетающія изъ моей одежды, когда я снимаю или надеваю послѣднюю, причѣмъ эти искры часто сопровождаются слабымъ трескомъ; иногда же одежда кажется охваченной пламенемъ, которое свѣтитъ не сжигая. Не знаю, что предвѣщаютъ мнѣ эти чудеса\*. Названный философъ утверждаетъ также, что видѣлъ человѣка, который потирая себѣ голову грубой шерстяной матеріей, извлекалъ изъ нея искры—до пламени.

Страбонъ рассказываетъ что незадолго до убіенія Цезаря, видѣли многочисленные искры, вылетавшія у слуги одного война изъ пальцевъ, которые казались горящими, причѣмъ этотъ человѣкъ не испытывалъ никакой боли. Плиній говоритъ, что иногда, по вечерамъ, у нѣкоторыхъ людей виденъ огненный ореолъ вокругъ головы, что слѣдуетъ считать весьма важнымъ предзнаменованіемъ. Историкъ Валерій изъ Анціума сообщалъ, что голова Сервія Туллія въ колыбели была окружена „незловѣщимъ“ огненнымъ вѣнцомъ, и такой же вѣнецъ былъ у Марія въ тѣ минуты, когда онъ въ Иппоніи послѣ смерти Циціона призываетъ римскихъ воиновъ къ мщению. Наконецъ Юлій Обсеквенъ говоритъ, что въ Аназѣ, въ 619 г. отъ основанія Рима, туника у одного раба казалась горящей, а по изчезновеніи пламени, оказалась совершенно нетронутой, и что въ Луканіи, въ 660 г., нѣкоторыя животныя казались охваченными огнемъ, не испытывая, однако-же, при этомъ никакой боли.

Почти одновременно съ Отто Герике англійскій врачъ Уолль также подмѣтилъ сопровождаемую трескомъ электрическую искру, при треніи вылетающую изъ большого куска янтара, обрѣзаннаго въ видѣ конуса. Тутъ для того, чтобы уолшмать трескъ, даже не нужно было приближать янтарный конусъ къ уху.

Опыты свои Уолль излагаетъ въ *Ученыхъ Запискахъ лондонскаго Королевскаго Общества*, за 708 г.

„Быстро натирая,—говоритъ онъ,—сукномъ кусоекъ янтара и затѣмъ сильно сжимая его въ рукѣ, я слышалъ удивительное множество слабыхъ потрескиваній, производившихъ каждое небольшой мгновенный свѣтъ. Если кто-либо подносилъ палецъ весьма близко къ янтари, то слышался уже довольно сильный трескъ, сопровождавшійся яркимъ свѣтомъ. Но особенно поражаетъ меня въ описанномъ явленіи то обстоятельство, что въ пальцѣ ощущается довольно сильная боль и онъ испытываетъ впечатлѣніе вѣтра, съ какой бы стороны онъ ни былъ поднесенъ. Трескъ—не слабѣ треска, издаваемого углемъ при сгораніи. Одно натираніе даетъ, смотря по быстротѣ приближенія пальца, пять, шесть или больше потрескиваній, которыя всѣ сопровождаются свѣтомъ. Для меня послѣ этого не подлежитъ сомнѣнію, что для полученія болѣе сильнаго треска и болѣе яркаго свѣта нужно только брать куски янтара подлиннѣе и потолще. Этотъ трескъ и свѣтъ нѣкоторымъ образомъ какъ бы изображаютъ намъ громъ и молнію“.

Англійскій физикъ Гоксби \*), въ концѣ XVII вѣка, вмѣсто сѣрнаго шара Герике сталъ пользоваться стекляннымъ шаромъ или цилиндромъ (*физ.* 187). Этимъ путемъ получаются болѣе замѣтныя электрическія дѣйствія. Съ указаннаго времени стекло стало все болѣе и болѣе входить въ употребленіе при электрическихъ опытахъ. Именно помощью стеклянной трубки въ 3¼ фута длиною и болѣе 1 дюйма въ діаметрѣ, закрытой на обоихъ концахъ затѣмками изъ пробковаго дерева, Стефенъ Грей \*\*) произвелъ свои достопамятныя опыты

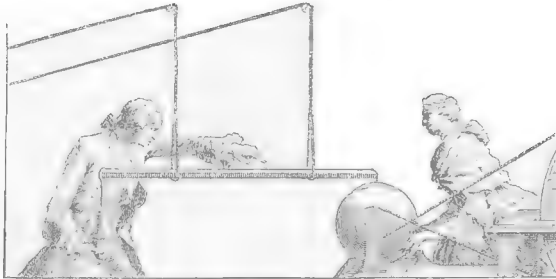
\*) Френсисъ Гоксби, англійскій физикъ, членъ лондонскаго Королевскаго Общества, изложилъ результаты своихъ опытовъ въ *Запискахъ* названнаго Общества за 1705—1711 гг.; авторъ *Физико-математическихъ опытовъ надъ произведеніемъ света и электричества*. (Лондонъ, 1709 г.).

\*\*) Стефенъ Грей, англійскій физикъ, род. въ 1662 г., умеръ въ 1736 г.; Работы его были опубликованы въ *Ученыхъ Запискахъ*, за 1731—1732 г. Приводимъ описаніе того опыта Грея, которому, какъ говорятъ, суждено было сыграть трагическую роль въ жизни знаменитаго ученаго; послѣдній, какъ утверждаетъ тогдашній секретарь лондонскаго Королевскаго Общества, докторъ Мортимеръ, былъ такъ потрясенъ неожиданными результатами опыта, что на другой же день скончался.

„Помѣстивъ,—говоритъ Грей,—желѣзный шарикъ въ 1—1½ дюйма діаметромъ въ центрѣ

надъ электрической проводимостью, которые привели его къ весьма важнымъ выводамъ. Вотъ кратко, но совершенно точное изложение названныхъ опытовъ.

„Однажды, натерши свою трубку, какъ обыкновенно, шерстяной матеріей, Грей замѣтилъ, что перышко, къ которому онъ приблизилъ одинъ изъ концовъ трубки, попеременно то притягивается, то отталкивается пробкою совершенно такъ же, какъ и стекломъ. Отсюда онъ естественно заключилъ, что прикосновениемъ электричество сообщается отъ стекла пробкѣ. Ему хотѣлось узнать, оставляетъ ли пробка исключительное тѣло въ этомъ отношеніи, или же всѣ другія вещества, напр., дерево, также способны электризоваться такимъ косвеннымъ путемъ. Съ этой цѣлью онъ взялъ палочку изъ слового дерева длиною въ четыре дюйма, къ одному концу ея прикрѣпилъ шарикъ изъ слоновой кости и воткнувъ ее въ одну изъ пробокъ, закрывавшихъ вышеупомянутую



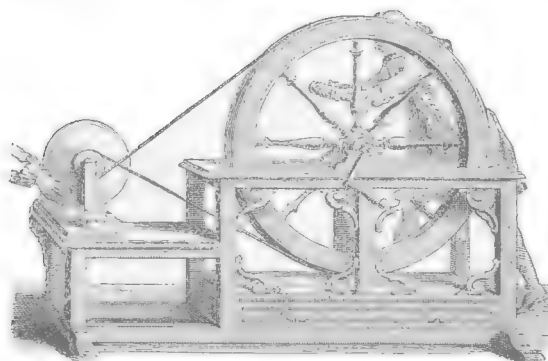
Фиг. 186.—Кондукторъ у машины Воллѣ (заряженіе лейденской банки).

трубку; затѣмъ, натерши послѣднюю, приблизилъ шарикъ къ нѣсколькимъ легкимъ тѣламъ, которыя всѣ точно такъ же притянулись къ нему. Послѣ этого Грей сталъ постепенно увеличивать длину палочки и дошелъ, наконецъ, до прутьевъ въ 3—4 метра, не замѣтивъ ни разу уменьшенія силы притяженія у шарика изъ слоновой кости. Тогда онъ сталъ подвѣшивать эти прутья на пеньковой веревкѣ, прикрѣпленной къ пробкѣ, а самъ становился на балконѣ первого этажа своего дома. Когда онъ тамъ натеръ свою трубку, то шарикъ, отдѣленный отъ земли

наэлектризованнаго смоляного круга, шириной въ 7—8 дюймовъ, и прямо надъ центромъ шарика будетъ держатъ, между большимъ и указательнымъ пальцами, какое-нибудь легкое тѣло, напр., кусочекъ пробкового дерева, подвѣшенный на тонкой нити длиною въ 5—6 дюймовъ. Тогда увидимъ, что наше легкое тѣло само собою начнетъ двигаться вокругъ шарика, и притомъ съ запада на востокъ. Если смоляной кругъ имѣетъ строго-круглую форму, а шарикъ поворачивается какъ разъ въ центръ его, то легкое тѣло опишетъ окружность около шарика; если же послѣдній находится не въ центрѣ круга, то оно опишетъ эллипсъ, эксцентрицитетъ котораго будетъ пропорціоналенъ разстоянію между центромъ шарика и центромъ круга. Если кругъ имѣетъ эллиптическую форму, а шарикъ находится въ центрѣ его, то путь проходящій шарикомъ, будетъ также эллипсисомъ съ такимъ же эксцентрицитетомъ, какъ и у круга. Если шарикъ поворачивается въ одномъ изъ фокусовъ эллипсиса, то легкое тѣло будетъ двигаться быстрее въ апогее, чѣмъ въ перигее своей орбиты. Въ этомъ опытѣ Стефанъ Грей видѣлъ какъ бы рѣшеніе задачи о движеніи въ солнечной системѣ. „Описанное движеніе всегда будетъ совершаться по тому же направленію, какъ и движеніе планетъ вокругъ солнца, т. е. справа налево, или съ запада на востокъ, но это, если можно такъ выразиться, миніатюрная планета движется гораздо скорѣе въ частяхъ, близкихъ къ апогею, чѣмъ въ близкѣихъ къ перигею ея орбиты, что прямо противоположно движенію планетъ около солнца“. Грей прибавляетъ что опытъ удавался ему только тогда, когда нить удерживалась рукою человѣка, но въ то же время дѣлаетъ допущеніе, что нить съ успѣхомъ можетъ быть поддерживаема и всякимъ вообще живымъ существомъ. Докторъ Мортимеръ повторилъ этотъ опытъ удачно между тѣмъ какъ Уилеръ получалъ неопредѣленные результаты. Французскій ученый де-Фе, другъ Грея, повторившій эти опыты, заявляетъ въ *Запискахъ академіи наукъ* (1787 г.), что онъ получилъ круговое движеніе легкаго тѣла, но не всегда по направленію, указанному Греємъ; у него движеніе совершалось то съ запада на востокъ, но, наоборотъ, съ востока на западъ.



равстояніемъ всего въ нѣсколько сантиметровъ, а отъ трубки—равстояніемъ въ 26 фут., продолжалъ притягивать къ себѣ легкія тѣла по прежнему. Удлинивъ веревку, Грей сталъ на балконѣ второго этажа, но притяженіе оставалось прежнимъ. Тогда онъ влѣзъ на крышу,—но получилъ тотъ же результатъ. Дошедши до этого пункта въ своихъ опытахъ, онъ затруднился на нѣкоторое время продолжать эти послѣдніе: взять еще болѣе длинную веревку—нетрудно, но гдѣ же самому помѣстится? Ему хотѣлось имѣть, подобно Галилею, производившему опыты надъ силою тяжести, знаменитую пизанскую башню, съ которой его электрическій проводникъ могъ бы падать на землю, не касаясь стѣны зданія. Но, къ счастью, онъ рѣшилъ, что ни вертикальное положеніе, ни прямое направление не составляютъ необходимыхъ условий, и подвѣсилъ свою веревку просто въ комнатѣ, на пеньковыхъ шнуркахъ, привязанныхъ къ гвоздямъ, вбитымъ въ стѣны и потолокъ, но зато провелъ ее весьма ломанымъ путемъ. Но когда, натерши стеклянную трубку, онъ обратился къ шарiku изъ слоновой кости, по прежнему находившемуся на противоположномъ концѣ проводника, то оказалось, что притяженія нѣтъ: какъ будто электрическая жидкость гдѣ нибудь на дорогѣ застряла или вовсе растерялась.



Фиг. 187. Электрическая машина съ треніемъ аббата Полла (стеклянный шаръ).

Грей приступилъ къ проверкѣ своихъ опытовъ. Первые удались и теперь, но когда дошло до веревки, горизонтально подвѣшенной на пеньковыхъ бичевкахъ, то не смотря на многократное повтореніе опыта, послѣдній никакъ не удавался. Однажды экспериментаторы рѣшили испытать последнее средство: веревка въ описываемомъ опытѣ имѣла не менѣе 80 фут. длины, и Уилеръ, полагая, что бичевки могутъ не выдержать веревки, вздумалъ замѣнить ихъ шелковыми шнурками, какъ болѣе крѣпкими. Какова же была радость и изумленіе ученыхъ, когда они увидѣли, что электрическая жидкость, безпрепятственно и въполнѣ сохранивъ свою силу, передается теперь вплоть до конца веревки. При повтореніи опыта на слѣдующій день была взята веревка длиною въ 147 фут., свернутая вдвое, на третій—веревка въ 124 фут., проведенная въ прямомъ направленіи, причемъ веревка все поддерживалась шелковыми шнурками: во всѣхъ этихъ опытахъ передача совершалась вполне хорошо. Но вотъ, 3-го іюля 1729 г., когда все уже было готово для опыта, одинъ изъ шелковыхъ шнурковъ вдругъ разорвался. Конечно, не трудно было бы его связать, но, боясь, что онъ можетъ разорваться и въ другой разъ, Уилеръ, за неимѣніемъ запасныхъ шелковыхъ шнурковъ, замѣнилъ его, для большей надежности, латунной проволокой; послѣднюю хорошо закрѣпили, а веревку подвѣсили какъ слѣдуетъ; затѣмъ натерши стеклянную трубку, къ концу проводника поднесли различныя тѣла, но провод-

будь на дорогѣ застряла или вовсе растерялась. Но гдѣ и какимъ образомъ?... Не умѣя отгадать это самъ, омущенный Грей рѣшилъ воспользоваться познаніями и проницательностью своего друга Уилера, отличному физики и особенно большому знатку электрическихъ явленій. Совмѣстно съ названнымъ ученымъ

Грей приступилъ

ние вновь оказался потерявшим свою проводимость,—притяжения не замечалось вовсе,—как будто электрическая жидкость снова как-нибудь растерялась по дорожке. Сопоставив этот результат с результатами предшествовавших опытов, Грей и Уилеръ тотчас же пришли къ заключению, что все дѣло въ томъ, изъ какого вещества сдѣланы поддерживающіе шнуры. Такъ какъ сама веревка, будучи, какъ намъ вѣстно, пенковой, хорошо передаетъ электрическую силу, то естественно, что послѣдняя также передается и пенковою бичевою, и такимъ путемъ уходитъ въ землю. Такимъ же проводящимъ свойствомъ обладала, очевидно, и латунная проволока, между тѣмъ какъ шелкъ былъ совершенно лишенъ названнаго свойства \*).

Эти наблюденія, явившіяся, какъ мы видѣли, результатомъ совершенно случайныхъ обстоятельствъ, послужили для Грея и Уилера исходнымъ пунктомъ для изслѣдованій иного характера. Изъ такихъ изслѣдованій, имѣвшихъ цѣлью опредѣленіе электрической проводимости различныхъ тѣлъ, обнаружили: во первыхъ, что стекло, сѣра, различныя смолы, алмазъ, масла, металлическіе окислы (или земли, какъ они тогда назывались) и т. п. не проводятъ электричества; напротивъ того, металлы, кислоты и щелочныя жидкости, тѣло животныхъ, вода и вообще всѣ влажныя вещества отличаются хорошею проводимостью; во вторыхъ, что тѣла, представляющія собой дурные проводники \*\*), отъ тренія электризуются, между тѣмъ какъ хорошіе проводники не электризуются.

Для доказательства передачи электричества по тѣлу животныхъ, и въ частности по человѣческому тѣлу, Грей ставилъ ребенка на уединяющее вещество (на смоляной кругъ), или подвѣшивалъ его на волосяныхъ шнурахъ и затѣмъ прикасался къ нему своей наэлектризованной трубкой; тогда руки, лицо и вся одежда ребенка начинали притягивать приближенные къ нимъ легкія тѣла (фиг. 188).

Отсюда съ очевидностью слѣдуетъ, что обнаружить присутствіе электричества въ проводникѣ, напр., въ металлическомъ стержнѣ, нѣтъ возможности, если, при натирании, его держать въ рукѣ. Дѣйствительно, въ этомъ случаѣ требовалось бы сообщить зарядъ не одному только стержню, но и тѣлу держащаго его въ рукѣ и землѣ; понятно, слѣдовательно, что образующійся отъ тренія зарядъ тотчасъ же распределяется по чрезвычайно громадной системѣ, а потому на натираемомъ проводникѣ остается безконечно малая часть заряда, уже неспособная обнаруживать сколько-нибудь замѣтныхъ дѣйствій. Въ справедливости этого рассужденія убѣждаетъ насъ прямой опытъ, показывающій, что металлическій стержень превосходно электризуется всякій разъ, когда мы держащимъ его не непосредственно, а за ручку изъ какого-нибудь изолирующаго вещества, напр., стекла, смолы, эбонита и т. п., и тотчасъ же теряетъ свои электрическія свойства лишь только мы касаемся его рукой, т.-е. соединяемъ его съ землею.

Дю-Фе \*\*\*), дополнивъ опыты Грея надъ электризованіемъ человѣческаго тѣла. Улегшись самъ на доскѣ, повѣшенной на шелковыхъ шнурахъ, онъ наэлектризовалъ себя прикосновеніемъ натертой стеклянной трубки, которую держалъ въ

\*) Взято изъ соч. Артура Магшена *Небесный огонь*.

\*\*) Эти тѣла вначѣ называются *изолирующими* (уединяющими), или *изоляторами*, а также, со времени Фарадея, *диэлектрическими* (отъ греч. словъ *ἤλεκτρον* и *δια*), т.-е. раздѣляющими проводники. Въ дѣйствительности совершенныхъ изоляторовъ не существуетъ: тѣла могутъ быть расположены въ одинъ непрерывный рядъ, начиная отъ наименѣе проводящихъ и до металловъ, являющихся наилучшими проводниками.

\*\*\*) Шарль-Франсуа де Систерзъ дю-Фе, род. въ Парижѣ 14-го сент. 1698 г., былъ членомъ академіи наукъ, по секціи химіи; занимался самыми различными научными предметами; работалъ совместно со Стефаномъ Греемъ, прачемъ, какъ говоритъ Фонтенель въ своей *Поэзіи академической*, эти два великихъ ума, являваясь и воодушевляя другъ друга, дѣлали такіе поразительныя, неслыханныя открытія, что каждому изъ нихъ необходимо было покрывать себя свидѣтельствомъ соотрудника; такъ, напр., они только тогда могли покрывать, что дѣйствительно видѣли ребенка свѣтащимся, когда рассказывали объ этомъ другъ другу. Изъ этого видно, какими чудесными представлялись тогдашнимъ ученымъ электрическія явленія. Труды дю-Фе напечатаны въ *Запискахъ академіи наукъ* (годы 1738, 1734, 1737). Дю-Фе умеръ 6-го июля 1739 г.

рукъ его помощникъ, аббатъ Ноллѣ. Послѣ этого послѣдній, приблизивъ палецъ къ лицу дю-Фе, извлекъ искру, вызвавшую у обоихъ экспериментаторовъ ощущение легкаго укола. Это была первая искра, извлеченная изъ человѣческаго тѣла.

Затѣмъ была произведена темнота, и Ноллѣ съ великимъ изумленіемъ увидѣлъ, что все тѣло его знаменитаго учителя окружено свѣтовымъ ореоломъ.

Въ 1733 г. дю-Фе могущественно подвинулъ впередъ ученіе объ электричествѣ, случайно открывъ, что не всякое наэлектризованное тѣло относится одинаково къ другому наэлектризованному тѣлу. Онъ замѣтилъ, что шелковая нить, которая сначала притягивалась стеклянной трубкой, вслѣдъ за тѣмъ тотчасъ же

отталкивается отъ послѣдней, въ то же время, однако, притягиваясь наэлектризованной смоляной палочкой; если же, наоборотъ, шелковая нить сначала была притянута смоляной палочкой, то она затѣмъ отталкивается отъ этой палочки, въ то же время притягиваясь стеклянной трубкой. Вотъ какъ дю-Фе излагаетъ свои опыты, пользуясь тогдашней терминологіей, не вполнѣ сходной съ нашей, теперешней, но представляющей для насъ историческій интересъ:

„Я открылъ, — говоритъ дю-Фе — весьма простой принципъ, которымъ легко объясняются многія неправильности, капризы, если можно такъ выразиться, наблюдаемому, сопровождающіе большинство электрическихъ опытовъ. Этотъ принципъ состоитъ въ томъ, что электрическія тѣла сначала притягиваютъ незлектрическія, а затѣмъ отталкиваютъ ихъ, лишь только эти послѣднія приобрѣли электрическія свойства, благодаря близости или прикосновенію какому-нибудь электрическому тѣлу. Такъ, золотой листочекъ, сперва притягивается трубкой, отъ соприкосновенія съ нею приобретаетъ электри-



Фиг. 188. — Опыты надъ электрической проводимостью человѣческаго тѣла.

чество и вслѣдствіе этого тотчасъ же отъ нея отталкивается. До тѣхъ поръ, пока онъ сохраняетъ свои электрическія свойства, онъ не притягивается вновь; но какъ скоро онъ коснется какого-нибудь другаго тѣла, онъ мгновенно теряетъ свое электричество и, благодаря этому, вновь будетъ притягиваться трубкой; послѣдняя, сообщивъ листочку новый зарядъ электричества, вторично оттолкнетъ его, и это отталкиваніе будетъ продолжаться все время, пока трубка сохраняетъ свою силу. Прилагая изложенный принципъ къ различнымъ электрическимъ опытамъ, мы будемъ поражены тѣмъ множествомъ фактовъ, которые, благодаря ему, становятся совершенно ясными“.

Только-что приведенные опыты были уже ранѣе сдѣланы Отто Герике. Великое же открытіе лю-Фе излагается въ нижеслѣдующихъ строкахъ:

„Случайно, — говоритъ онъ, — я обнаружилъ еще другой принципъ, который обширнѣе и замѣчательнѣе предыдущаго и бросаетъ новый свѣтъ на электрическія явленія. Этотъ принципъ заключается въ томъ, что существуютъ два рода весьма отличныхъ одно отъ другого электричества: одно изъ нихъ я называю *стекляннымъ электричествомъ*, другое — *смолянымъ*. Первое принадлежитъ стеклу, горному хрусталу, драгоценнымъ камнямъ, шерсти животныхъ, шерстяной матеріи и многимъ другимъ тѣламъ; второе — смоламъ, янтарю, копалу, шеллаку, шелку, растительной нити, бумагѣ и множеству другихъ веществъ. При этомъ замѣчательно то, что электричества, принадлежаща къ одному и тому же роду отталкиваются, между тѣмъ какъ разнородныя электричества притягиваются. Такъ тѣло, одаренное стекляннымъ электричествомъ, отталкиваетъ всѣ тѣла, которыя обладаютъ стекляннымъ же электричествомъ и, наоборотъ, притягиваетъ тѣла, обладающія смолянымъ электричествомъ. Такимъ же образомъ и тѣло, заряженное смолянымъ электричествомъ, отталкиваетъ наэлектризованныя смолянымъ и притягиваетъ заряженные стекляннымъ электричествомъ. Изъ этого принципа легко вывести объясненіе многочисленнымъ другимъ явленіямъ, и онъ же, слѣдуетъ думать, поведетъ ко множеству другихъ открытій“.

Обозначенія „стеклянное“ и „смоляное“ электричество, предложенныя знаменитымъ ученымъ, не удержались въ наукѣ до настоящаго времени: они грѣшатъ въ томъ отношеніи, что какъ стекло такъ и смола, а равно и всѣ примыкающія къ нимъ тѣла, смотря по условіямъ опыта, могутъ заряжаться и тѣмъ и другимъ родомъ электричества.

Кантонъ \*) первый замѣтилъ, что матовое стекло, натираемое шерстяной матеріей, электризуется противоположно хорошему вычищенной и полированной стеклянной палочкѣ, натираемой такимъ же точно образомъ, причемъ матовое стекло получаетъ смоляное электричество. О всѣхъ тѣлахъ электризующихся, какъ натираемое сукномъ полированное стекло, говорятъ, что они электризуются *положительно*, обозначая родъ этого электричества знакомъ + (плюсъ); тѣла же, электризующіяся, какъ смола при натирании ея сукномъ, называютъ *отрицательно* электризующимися, выражая родъ электричества, получаемаго этими тѣлами, знакомъ — (минусъ) \*\*) (физ. 189).

Нѣтъ никакого основанія вводить еще какой-нибудь третій родъ, такъ какъ опыты показываютъ, что всякое наэлектризованное тѣло непременно должно быть подведено подъ первый или второй изъ указанныхъ двухъ родовъ электричества.

Благодаря Эпинусу, Уильямъ и другимъ физикамъ конца XVIII столѣтія стало извѣстно, что при треніи двухъ тѣлъ оба они одновременно электризуются, получая *противоположныя* электричества: одно заряжается *положительно*, а другое *отрицательно*; при этомъ возбуждаемые въ обоихъ тѣлахъ заряды *электрически*, т. е. равносильны, въ томъ смыслѣ, что, будучи удерживаемы въ соприкосновеніи, оба наэлектризованные тѣла не оказываютъ никакого дѣйствія на находящіяся вблизи ихъ легкія тѣла.

Вотъ опытъ Фарадея, доказывающій только что описанныя явленія. Возьмемъ сурругную палочку и наэлектризуемъ одинъ изъ ея концовъ треніемъ его о шелковый колпачекъ, надѣтый на этотъ конецъ и легко снимающійся

\*) Джонъ Кантонъ, англійскій физикъ и астрономъ, род. въ Страудѣ въ 1718 г., ум. въ 1762 г.; первый въ Англіи повторилъ опыты Франклина надъ атмосфернымъ электричествомъ и первый демонстрировалъ на опытѣ свинцовое жадство.

\*\*) Эти терминъ введены Беняминомъ Франклиномъ. По теоріи этого знаменитаго ученаго, о которой будемъ говорить въ свое время, электричество въ однихъ тѣлахъ складается, является *въ избытокъ* (плюсъ), а въ другихъ выходитъ, вслѣдствіе чего тутъ является *убытокъ* электричества (минусъ).

потягиваемъ за привязанную къ нему шелковую нитку. Если теперь къ наэлектризованному концу палочки съ надѣтымъ на него колпачкомъ приближать легкія тѣла, наприм., шарикъ изъ бузиновой сердцевины, подвѣшенный на уединяющей нити (фиг. 190), то послѣдній будетъ оставаться въ покоѣ, изъ чего ясно слѣдуетъ, что сургучъ, покрываемый колпачкомъ, не имѣетъ никакого вышшняго дѣйствія. Но какъ скоро мы снимемъ колпачекъ, шарикъ тотчасъ же устремится къ сургучу, зарядится электричествомъ этого послѣдняго и вслѣдствіе этого оттолкнется отъ сургучной палочки; наоборотъ къ шелковому колпачку тотъ же шарикъ притянется; изъ этого необходимо вытекаетъ, что сургучъ и шелкъ при треніи одинъ о другой получили противоположныя заряды.



Фиг. 189.—Открытие дж-Фя: стеклянное и смоланое электричества.

Это двойное электризованіе, или *электрическая полярность*, какъ нерѣдко выражались, уподобляя двойное электризованіе противоположнымъ дѣйствіямъ двухъ половинъ магнита, есть совершенно общее явленіе, которое неизмѣнно обнаруживается при всѣхъ способахъ электризованія, за исключеніемъ, разумеется, электризованія прикосновеніемъ или проведеніемъ, т.-е. непрямыхъ способовъ.

Теперь намъ необходимо оглянуться назадъ и резюмировать вкратцѣ то, что мы узнали объ интересующемъ насъ предметѣ до сихъ поръ.

*I. Вся безъ исключенія тѣла отъ тренія электризуются, что обнаруживается приобращаемымъ ими свойствомъ притягивать и отталкивать легкія предметы, а также свѣченіемъ ихъ съ тѣлнотой и искрами, извлекаемыми изъ нихъ приближеніемъ друица тѣла.*

*II. Чѣмъ больше тѣло сохраняетъ зарядъ въ томъ ограниченномъ мѣстѣ, гдѣ онъ развивается треніемъ, тѣмъ лучшій оно изоляторъ; наоборотъ, чѣмъ скорее электрическія свойства распространяются по болѣе значительной части поверхности тѣла, тѣмъ лучшій проводникъ это тѣло.*



Фиг. 190.—Опытъ Фарадея: одновременно возбужденіе обоихъ электричествъ.

*III. Есть два рода электризованія, и только два, которые обнаруживаются противоположными внѣшними дѣйствіями, причѣмъ два тѣла, заряженные однороднымъ электричествомъ, отталкиваются, между тѣмъ какъ заряженные разнородными электричествами — притягиваются.*

*IV. При треніи двухъ тѣлъ одно о другое, эти тѣла электризуются различнымъ образомъ, причѣмъ заряды лѣнятся на обѣихъ эквиваленты, въ томъ смыслѣ, что при удѣрживаніи этихъ тѣлъ въ соприкосновеніи, послѣднія не оказываютъ никакого дѣйствія на находящіеся вблизи ихъ легкія предметы.*

*V. Электризованіе тѣлъ имѣетъ временный характеръ: оно болѣе или менѣе скоро теряется\*).*

Справедливость перечисленныхъ принциповъ можетъ быть легко доказана всякимъ, если онъ того пожелаетъ. Для этой цѣли нѣтъ никакой необходимости прибѣгать къ изысканнымъ и дорогимъ снарядамъ, украшающимъ физиче-

\* Эта потеря происходитъ иногда весьма медленно. Такъ, Вильямъ Томсонъ сохранялъ на тѣлахъ электричество въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ, заключая эти тѣла въ герметически закрытыя стеклянныя банки.

скіе кабинеты и витрины физико-механическихъ магазиновъ; можно самому и очень скоро приготовить большую часть самыхъ необходимыхъ аппаратовъ, и притомъ изъ такихъ матеріаловъ, которые имѣются подъ рукой у каждого.

Интересующіеся наукой и желающіе видѣть собственными глазами то, съ чѣмъ они знакомятся изъ книгъ или устныхъ бесѣдъ, должны вести свои опытные занятія строго методически и терпѣливо, не смущаясь неудачами, естественно сопровождающими первые шаги и будучи увѣренными въ томъ, что настойчивость обязательно должна увѣнчаться успѣхомъ. При нѣкоторомъ прилежаніи, весьма быстро пріобрѣтается необходимая сноровка и получается возможность испытывать великое наслажденіе — вынуждать у сдержанной, а подчасъ упрямой природы отвѣты на предлагаемые ей вопросы.

Наблюдатель всегда долженъ быть совершенно точнымъ, т.-е. съ одинаковымъ вниманіемъ относиться ко всѣмъ подробностямъ изучаемыхъ явленій, не пренебрегая ни одной изъ этихъ подробностей и ничего къ нимъ не прибавляя.



Фиг. 191.—Притяженіе капелекъ.

Для всякихъ научныхъ изслѣдованій, какъ и для всякаго ремесла, необходимо имѣть въ распоряженіи извѣстное количество специальныхъ снарядовъ. Какіе же нужны намъ и какъ должны мы обращаться съ ними?

Во избѣжаніе неприятныхъ неожиданностей и затрудненій для приступающихъ къ опытамъ, необходимо дать на поставленные вопросы весьма обстоятельный отвѣтъ: подробности не должны казаться излишними тамъ, гдѣ онѣ только облегчаютъ дѣло. Слѣдуетъ, однако, замѣтить, что указываемое нами расположеніе не представляетъ ничего обязательнаго, — всякій экспериментаторъ можетъ замѣнять его такъ или иначе, руководствуясь своими собственными соображеніями. Но, все-таки, на первыхъ порахъ оно можетъ оказаться весьма полезнымъ. Еще одно важное замѣчаніе: *все нижеописываемыя опыты должны предприниматься только съ сухой поюду и съ сухими предметами.*

Прежде всего слѣдуетъ удостовѣриться, что послѣ тренія тѣла дѣйствительно обладаютъ любопытнымъ свойствомъ — притягивать кусочки бумаги, волосы, перышки, соломенки и т. п. Для этого возьмемъ сургучную палочку и кусочекъ шерстяной матеріи — сукна или фланели, — сложенный въ нѣсколько разъ,

и будемъ слегка, но быстро, натирать сургучъ о шерстяную матерію, Достаточно потереть его такимъ образомъ нѣсколько разъ для того, чтобы при приближеніи его къ легкимъ тѣламъ, послѣднія стали быстро устремляться къ нему. Опытъ такъ же хорошо удаётся, если вмѣсто сургучной палочки, брать стеклянную палочку или трубку, палочку сѣры, бумагу и пр. Въ качествѣ легкихъ тѣлъ можно притягивать капельки различныхъ жидкостей,—напр., приближая нагретое тѣло къ маслу, налитому въ стаканчикъ (фиг. 191), — или же частицы изъ которыхъ состоитъ дымъ.

Натирая такимъ же образомъ металлическій стержень, мы не сообщимъ послѣднему притягательныхъ свойствъ.

Описанному опыту съ притяженіемъ можно придавать самыя разнообразныя и занимательныя формы. Для примѣра мы укажемъ на двѣ такія формы: на *голубя Архиты* (фигура 8-го опыта) и *пласку каторжниковъ* (фигура 8-го опыта).

Научимся сперва сообщать притягательную способность листку бумаги. Возьмемъ полъ листа тонкаго картона и подержимъ его немного у огня для удавления изъ него влаги. Затѣмъ, положивъ его еще теплымъ на столъ, потремъ нѣсколько разъ сухой рукой, скользя послѣднею отъ ближайшаго къ себѣ края до противоположнаго края бумаги. Если теперь бумагу приблизить къ бумажному голубку, прикрѣпленному къ одному изъ концовъ нитки, другой конецъ которой держать въ рукѣ, то голубокъ тотчасъ же полетитъ къ листу, и еслибъ его не удерживали, онъ прямо присталъ бы къ бумагѣ. Голубъ слѣдуетъ за всѣми перемѣщеніями бумаги, совершенно такъ, какъ если бы онъ былъ прикрѣпленъ къ ней какой-нибудь невидимой нитью. „Голубемъ Архиты“ мы называли описанный опытъ въ память сходнаго опыта, который можно произвести помощью магнита и о которомъ говорятъ іезуитъ Аванасій Кирхеръ въ своемъ любопытномъ сочиненіи *О магнитѣ или магнитномъ искусствѣ* \*).

Описавъ рядъ опытовъ съ магнитами, Кирхеръ приходитъ къ *Задаче X*, озаглавленной: „*Голубь Архиты, летающій въ воздухѣ и показывающій часы*“.

„Остается показать, — говоритъ онъ, — что подвѣшенные въ воздухѣ предметы можно привести въ поступательное движеніе помощью магнита. Сперва сдѣлаемъ опытъ съ „летающимъ голубемъ Архиты“ \*\*, въ возможности котораго авторы такъ часто сомнѣваются.

„Сначала сдѣлайте дощечку—такую, какую вы видите на рисункѣ—ABCD (фиг. 192), покройте ее сзади толстой бронзовой или мѣдной пластинкой. По срединѣ установите кружокъ (съ обозначенными на немъ часами) и на этомъ кружкѣ, по краю, укрѣпите магнитъ; кромѣ того, снабдите кружокъ шнуркомъ для того, чтобы можно было, по желанію, но незамѣтнымъ для зрителей образомъ, то приводить его во вращательное движеніе, то останавливать. Этотъ механизмъ на фигурѣ не показанъ. Затѣмъ, устройте внизу дощечки горку GE, и на вершинѣ этой горки помѣстите фигурку H (которую я называю Архитою), сдѣланную изъ какого-нибудь весьма легкаго матеріала, напр., изъ бумаги, или сухого камня, проткнувъ ее вѣло иголкой, около которой она могла бы вращаться при малѣйшемъ дуновеніи.

\* Аванасій Кирхеръ, физикъ, математикъ и филологъ, род. въ Гейсвѣ (Гессе) въ 1602 г., ум. въ Римѣ въ 1680 г. Писалъ по всевозможнымъ научнымъ предметамъ. Въ числѣ другихъ сочиненій, ему принадлежатъ: *Чудеса света и тѣни* (1645 г.), гдѣ, какъ было указано, описывается волшебный фонарь; *Магнитное царство природы*, гдѣ дѣляется попытка объяснить всѣ явленія помощью магнетизма; *Обиліе Памфили* (Римъ, 1650 г.) и *Эпитъ египтянина*, въ которомъ объясняется смыслъ гіероглифовъ; *Подземный міръ* и *Ариаметологія, или Священныя тайны чиселъ* (1665 г.).

\*\* Архита, пифагорейскій философъ, род. въ Тарентѣ (въ Италіи) въ 440 г., умеръ въ 360 г. до Р. X. во время кораблекрушенія у береговъ Апуліи; современникъ и другъ Платона; отличался талантами полководца и семь разъ былъ избираемъ своимъ согражданинами въ правители своего родного города. Ему приписываютъ изобрѣтеніе вѣнта, блока и разрѣшеніе многихъ геометрическихъ задачъ, а также устройство снаряда, известнаго подъ названіемъ *летающаго голубя*. Авторъ многочисленныхъ произведеній, изъ которыхъ до насъ дошли только отрывки. На смерть его Горациемъ написана известная ода.



Фиг. 193.—Летающий голубь Архиты.



„Затѣмъ изъ того-же легкаго матеріала сдѣлайте голубя и протяните его вдоль стальной иглой. Послѣ этого возьмите нить—пеньковую, шелковую, сабуровую или льняную, но во всякомъ случаѣ весьма тонкую—для обмана зрѣнія, и одинъ изъ ея концовъ прикрѣпите къ хвосту голубя, а другой—къ руцѣ Архиты, потомъ поднимите голубя настолько, чтобы вы почувствовали, что онъ притягивается магнитомъ, прикрѣпленнымъ позади кружка.

„Теперь, если вы желаете показывать летающаго голубя, приведите кружокъ съ его магнитомъ во вращательное движеніе. Вращаясь, магнитъ будетъ кружить въ то же время дрожащаго голубя, который какъ-бы будетъ сгорать желаніемъ поймать какую-то добычу; но такъ какъ притягиваемый и вращающійся голубь заставляетъ вмѣстѣ вращаться и Архиту на иглѣ, то зрителямъ будетъ казаться, что Архита направляетъ полетъ голубя“.

Кирхеръ заканчиваетъ нѣсколькими соображеніями относительно механизма опыта, объясняя, что для осуществленія послѣдняго требуется очень сильный (для его времени) магнитъ. „Я видѣлъ,—говоритъ онъ,—только одинъ такой магнитъ: онъ поддерживалъ иглу въ воздухѣ на разстояніи почти четырехъ пальцевъ“.

Этотъ сложный опытъ Архиты, вновь описанный Кирхеромъ, можно воспроизвести, какъ мы видѣли выше, въ сущности весьма простымъ способомъ.

Для пронаведенія „пляски каторжниковъ“, вмѣсто голубя берутъ бумажныхъ человѣчковъ, пригвождаемыхъ къ столу надѣтыми у нихъ на ногахъ кандалами (дробинка на ниткѣ). Сообщая затѣмъ наэлектризованному листу притягивныя, но мѣрные движенія, заставляютъ этихъ человѣчковъ подпрыгивать въ тактъ,—какъ бы воспроизводить дакую пляску.

Описанные опыты можно продолжать произвольно долгое время, лишь при томъ условіи, если листъ натрагивается вновь чрезъ небольшіе промежутки времени, такъ какъ сила притяженія болѣе или менѣе быстро теряется \*).

Согласно обычной терминологіи, говорятъ, что тѣла, обладающія свойствомъ притягивать весьма легкіе предметы, *наэлектризованы*, или *заряжены электричествомъ*.

Но необходимо замѣтить, что это не болѣе, какъ обозначеніе факта, а отнюдь не объясненіе его. О тѣлахъ, не имѣющихъ притягательныхъ свойствъ, говорятъ, что они находятся въ *нейтральномъ* (среднемъ), или *естественномъ* состояніи.

Всякое легкое тѣло, расположенное такимъ образомъ, что оно можетъ показывать, наэлектризовано-ли приближаемое къ нему тѣло, или нѣтъ, называется *электроскопомъ*. Такимъ образомъ, „голубь Архиты“, „каторжники“ представляютъ собою электроскопы. Но обыкновенно пользуются другими, болѣе удобными, которые мы сейчасъ и опишемъ.

Рассмотримъ сперва *электроскопъ съ соломенной*. Берутъ хорошую соломенку

\*) Эти опыты аналогичны описываемымъ въ различныхъ руководствахъ физики подъ названіемъ *электрическаго града*, *электрической пляски* и т. п. и производимымъ съ электрической машиной.



Фиг. 193.—Электроскопъ съ соломенной.

ру длиной въ 15—20 сантиметровъ и къ ней по срединѣ прикрѣпляютъ сургучомъ другую, коротенькую, соломенку, снабженную петелькой *а* (фиг. 193). Эта система можетъ вращаться на иглѣ, воткнутой въ подставку. У электро-скопа, представленнаго на фигурѣ 193, подставкой служатъ кусокъ сургуча, припечатанный къ ножкѣ опрокинутого стакана *с*. Для того, чтобы воткнуть иглу, кончикъ послѣдней нагрѣваютъ и прикладываютъ къ концу сургучной палочки, которая, естественно, расплавляется въ мѣстѣ приложенія иглы и потому легко пропускаетъ послѣднюю на желаемую глубину. По охлажденіи, игла, конечно, оказывается крѣпко вдѣланной въ сургучъ.

Нейтральнымъ тѣломъ будетъ такое, которое не оказываетъ никакого дѣйствія на соломенку. *Наэлектризованное*, напротивъ, заставляетъ ее вращаться на остріѣ. Быстро двигая передъ соломенкой притягивающее ее наэлектризованное тѣло, приводимъ соломенку въ непрерывное вращательное движеніе совершенно такимъ же образомъ, какъ если бы мы стали вращать ее помощью ру-коятки.

Всякое тѣло, подвѣшенное на нити или на прутѣ, вообще называютъ *маятникомъ*. Отсюда названіе *электрическій маятникъ*, даваемое электро-скопу, состоящему изъ какого-нибудь легкаго тѣла—обыкновенно берутъ шарикъ изъ бумажной сердцевины, *в*,—висящаго на шелковой нити. Прикрѣпимъ эту нить *а* (фиг. 194) къ загнутому концу куска желѣзной проволоки, нижній конецъ котораго воткнуть въ палочку сургуча *с*. Послѣдняя можетъ быть прикрѣплена ко дну стакана или вдѣлана въ пробковый кружокъ *і*. Подвѣшенная два одинаковыхъ шарика, такъ чтобы они касались другъ друга, получаемъ двойной электрическій маятникъ; заряжаясь оба одинаково при соприкосновеніи съ наэлектризованнымъ тѣломъ, шарикъ отталкиваются другъ отъ друга.

Если изъ двухъ тѣлъ, испытываемыхъ помощью электро-скопа, одно оказывается нейтральнымъ, а другое—наэлектризованнымъ, то что произойдетъ при приближеніи этихъ тѣлъ другъ къ другу?—Въ томъ случаѣ, когда подвижнымъ и достаточно легкимъ является нейтральное тѣло, то, какъ ясно изъ предыдущаго, именно оно стремится еще болѣе притянуться къ наэлектризованному тѣлу, но при обратныхъ условіяхъ, т. е. если легкостью и подвижностью обладаетъ наэлектризованное тѣло, то, какъ показалъ Робертъ Бойль\*) то, напротивъ, это послѣднее стремится приблизиться къ нейтральному. Если двигать ихъ могутъ оба, то они устремляются другъ другу навстрѣчу.

Въ притяженіи наэлектризованныхъ тѣлъ нейтральными легко убѣдиться на опытѣ. Наэлектризованный листъ бумаги, будучи приближенъ къ столу или стѣнѣ, наклоняется къ этимъ послѣднимъ, и для того, чтобы удерживать его



Фиг. 194.—Электрическій маятникъ.

\*) Робертъ Бойль, физикъ и химикъ, род. въ Лиссурѣ (въ Ирландіи) въ 1626 г., ум. въ Лондонѣ въ 1691 г. Именно онъ ввелъ въ науку терминъ *электричество* (electricitas), который до него употреблялся рѣдко, хотя, повидимому, создалъ Вильямъ Джильбертъ. Одно изъ сочиненій Бойля носитъ слѣдующее заглавіе: *О механическомъ производствѣ электричества*.

на разстояніи, требуется употреблять нѣкоторое усиліе. Такъ же точно относится къ приближеннымъ нейтральнымъ тѣламъ и наэлектризованная соломёнка *электроскопа*. Такое же притяженіе можно наблюдать, помѣщая наэлектризованную палочку (стеклянную или сургучную) на такой подставкѣ, которая позволяетъ ей перемѣщаться отъ малѣйшаго дѣйствія на нее: въ этомъ случаѣ палочка устремляется ко всякому подносимому къ ней нейтральному тѣлу. Пригодную для этой цѣли подставку (фиг. 195) нетрудно приготовить, воткнувъ оба острия головной шпильки *e* въ пробку *b*. Сама шпилька подвѣшивается на шелковой ниткѣ или узенькой ленточкѣ *г*. Для укрѣпленія на пробкѣ наэлектризованной палочки служить каучуковое колечко *c*.

Во всѣхъ этихъ опытахъ причина, опредѣляющая движеніе, конечно, лежитъ въ наэлектризованномъ тѣлѣ, такъ какъ не будь его, все оставалось бы въ покоѣ, но притягательная способность обнаруживается не исключительно у него: вся система стремится принять новое расположеніе, соответствующее присутствію наэлектризованнаго тѣла, причемъ

болѣе или менѣе перемѣщаются всѣ подвижныя части системы. Словомъ, электрическое движеніе, какъ и всякое другое подчиняется закону дѣйствія и противо-дѣйствія.

Наэлектризованное тѣло сообщаетъ свое свойство нейтральнымъ, къ которымъ оно прикасается. Такъ, отъ соприкосновенія съ такимъ тѣломъ электрическій маятникъ получаетъ способность притягивать соломёнку *электроскопа* или начинаетъ самъ притягиваться послѣдней.

Если съ наэлектризованнымъ тѣломъ приходитъ въ соприкосновеніе достаточно легкое тѣло, то это послѣднее, какъ впервые показалъ Отто Герике, тотчасъ же отталкивается. Въ этомъ можно убѣдиться различными способами. Укажемъ сперва на опытъ съ *электрическими бомбами* (фигура 9-го опыта). На наэлектризованный вышеописаннымъ образомъ листъ бумаги кладутъ, напр., кусочки бумаги, немного золы, бузиновые шарики, послѣ чего листъ снимаютъ со стола. Тогда всѣ эти мелкіе предметы быстро подсакаиваютъ вверхъ. Точно такъ же мы видимъ, что шарикъ электрическаго маятника или соломёнка *электроскопа*, наэлектризовавшись соприкосновеніемъ, тотчасъ же отталкиваются \*).

Фиг. 195.—Подвижная подставка; притяженіе.

Отталкиваніе послѣ соприкосновенія гораздо лучше обнаруживается тогда, когда наэлектризованное тѣло, вмѣсто того, чтобы оставаться строго въ соприкосновеніи съ тѣломъ, котораго оно коснулось, какимъ-нибудь образомъ помѣщается на маломъ разстояніи отъ него. Этимъ избѣгается нѣкоторое слипаніе, нарушающее правильность явленія.

Итакъ, для электризованія тѣлъ мы уже обладаемъ двумя способами: тѣло можетъ быть наэлектризовано 1) *треніемъ* и 2) *соприкосновеніемъ* съ *натертымъ тѣломъ*.

Тѣла, наэлектризованныя нами въ предшествующихъ опытахъ, суть изо-

\* В двойномъ маятникѣ шарики остаются удаленными другъ отъ друга, пока они наэлектризованы.

латоры (уделяющія тѣла): у нихъ притягательная способность хорошо сохраняется въ той части ихъ поверхности, гдѣ эта способность первоначально была вызвана, и лишь болѣе или менѣе медленно распространяется по смежнымъ частямъ.

ТАБЛИЦА I.

Обычныя изолирующія тѣла, расположенныя въ порядкѣ возрастанія уделяющей способности.

*Шерстяная матерія.*

*Шелкъ.*

*Стекло.*

*Сурручъ.*

*Спра.*

*Смола.*

*Гуттаперча.*

*Каучукъ.*

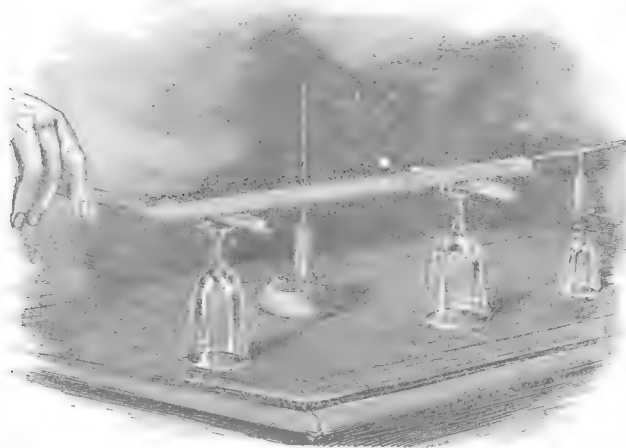
*Шеллакъ.*

*Параффинъ.*

*Эбонитъ*

*Сухой воздухъ (при извѣстныхъ условіяхъ)*

Познакомимся теперь съ другимъ разрядомъ тѣлъ, именно тѣхъ, которыя, въ противоположность предшествующимъ, называются *проводниками*: эти тѣла, дѣйствительно, въ весьма короткое время проводятъ по всемъ частямъ поверх-



Фиг. 196.—Опытъ надъ электрической проводимостью.

ности электричество, вызванное гдѣ-либо на этой послѣдней. Возьмемъ плоскую и тонкую деревянную линейку (фиг. 196) и положимъ ее на двѣ горизонтально расположенныя и служащія подставками сургучныя палочки, затѣмъ коснемся одного изъ концовъ линейки какимъ-нибудь наэлектризованнымъ тѣломъ; тогда, при испытаніи маятникомъ и электроскопомъ съ соломенной, убѣдимся, что наша линейка наэлектризована на всемъ своемъ протяженіи отъ одного конца до другого. Вмѣсто линейки можно брать длинный плотничій карандашъ, металлическій прутъ, вытянутый плодъ; какъ проводникъ, дѣйствуетъ и изолирующее тѣло, напр., стеклянная палочка, съ *влажной поверхностью*, что всегда бываетъ у гигроскопическихъ тѣлъ \*); поему вся опыты должны производиться только съ хорошо высушенными предметами.

\* Гигроскопическими называются тѣла, легко поглощающія влагу.

Человѣческое тѣло, тѣла животныхъ, земля—суть также хорошіе проводники. Достаточно, напр., дотронуться наэлектризованнымъ тѣломъ до клюва птицы, посаженной на уединяющемъ тѣлѣ, положимъ, на стеклянной трубкѣ (фигура 10-го *тыла*), для того, чтобы легкія тѣла начали притягиваться ея хвостомъ и различными частями тѣла. (Тотъ же опытъ можно произвести съ помѣщенной на шелковую подушку собакой).

Если бы птица находилась непосредственно на землѣ или на рукѣ экспериментатора, то она не могла бы быть наэлектризована. Какъ уже ранѣе указано, это легко объясняется тѣмъ, что тогда приходится электризовать не одну только птицу, но птицу вмѣстѣ съ человѣческимъ тѣломъ и землею, которыя въ совокупности составляютъ одинъ огромный проводникъ, на которомъ присутствіе заряда уже не можетъ быть обнаружено. Отсюда понятно и то, почему невозможно наэлектризовать треніемъ металлическій стержень, если держать его непосредственно въ рукѣ. Напротивъ, если держать его за сухую уединяющую ручку, напр., сургучную или стеклянную, то оно наэлектризуется подобно всякому другому тѣлу. Роль изолятора заключается здѣсь именно въ томъ, что онъ препятствуетъ переходу электричества съ электризуемаго тѣла сперва въ тѣло экспериментатора, а затѣмъ въ землю. Сказанное весьма нетрудно подтвердить на опытѣ.

ТАБЛИЦА II.

## Обычные проводники.

*Серебро.*  
*Мѣдь.*  
*Золото.*  
*Цинкъ.*  
*Платина.*  
*Жельзо.*  
*Олово.*  
*Свинць.*  
*Ртуть.*  
*Тѣло человека и животныхъ.*  
*Земля.*

## Полу-проводники.

*Древесный уголь.*  
*Кость.*  
*Кислоты.*  
*Соляные растворы.*  
*Морская вода.*  
*Разрѣженный воздухъ.*  
*Тающий лѣдъ.*  
*Сухое дерево.*  
*Сухая бумага.*

Теперь займемся *электрическимъ контрастомъ*, или двойнымъ электризованіемъ. Натремъ, какъ поступалъ въ своихъ опытахъ дю-Фэ, сухую палочку изъ полированного стекла кускомъ сукна или фланели, затѣмъ прикосновеніемъ наэлектризуемъ соломенку или маятникъ нашего электроскопа. Рядомъ съ этимъ наэлектризуемъ сургучную или смоляную палочку, натирая ее *другимъ* кускомъ сукна или фланели. Тогда увидимъ, что соломенка наэлектризованная прикосновеніемъ къ стеклу и отталкиваемая послѣднимъ, напротивъ, притягивается сургучной палочкой. Такимъ образомъ, соломенка, не смотря на одинаковыя условія, притягивается сургучомъ и отталкивается стекломъ. Производя опытъ въ обратномъ порядкѣ, получимъ наэлектризованную соломенку, отталкиваемую сургучомъ и притягиваемую стекломъ. Этотъ контрастъ выражаютъ, говоря, что стекло и сургучъ при натирании сукномъ или фланелью, заряжаются *противоположными электричествами*; электричество, получающееся на полированномъ стеклѣ, натираемомъ шерстяной матеріей, называется *положительнымъ*, а являющееся при тѣхъ же условіяхъ на сургучѣ, — *отрицательнымъ*.

Измѣняя условія опыта, убѣдимся, что всякое тѣло электризуется либо какъ стекло, либо какъ сургучъ или смола (сургучъ, какъ извѣстно, представляетъ собой смѣсь смолистыхъ веществъ), т. е. либо *положительно*, либо *отрицательно*. Поэтому для опредѣленія „знака заряда“, полученнаго даннымъ тѣломъ, дѣйствіе

последняго всегда оравнивають съ дѣйствіемъ полированного стекла или сургуча, натертыхъ шерстяной матеріей.

Оба указанные рода электричества возбуждаются одновременно. Въ самомъ дѣлѣ, наэлектризовавъ описаннымъ путемъ сургучную палочку, приблизимъ ее къ электроскопу. Въ случаѣ электроскопа съ соломенной, послѣдняя сперва притянется, наэлектризуясь черезъ соприкосновеніе съ сургучомъ, а затѣмъ оттолкнется. Если же вмѣсто сургуча возьмемъ кусокъ фланели, служившій для натирания, то соломенка, если только ей не позволили коснуться фланели, будетъ притягиваться [къ послѣдней]. Если теперь приблизить сургучъ, то соломенка вновь начнетъ притягиваться къ нему. Сургучъ получаетъ *положительный зарядъ*, а натирающее тѣло — *отрицательный*.

### ТАБЛИЦА III.

Перечень тѣлъ, расположенныхъ въ такомъ порядкѣ, что при натираніи двухъ изъ нихъ одно о другое, предшествующее, по перечню, электризуется положительно, а послѣдующее — отрицательно.

<i>Полированное стекло.</i>	<i>Смола.</i>
<i>Шерстяная ткань.</i>	<i>Матовое стекло.</i>
<i>Перья.</i>	<i>Сѣра.</i>
<i>Дерево.</i>	<i>Металлы.</i>
<i>Бумага.</i>	<i>Каучукъ.</i>
<i>Шелкъ.</i>	<i>Гуттаперча.</i>
<i>Шеллакъ.</i>	

Теперь остается произвести „*электрическій шумъ и огонь*“. Для этой дѣли наэлектризуемъ, какъ указано выше, листъ бѣлой бумаги и приблизимъ къ нему въ темнотѣ палецъ или какое-нибудь тѣло. Тогда отъ бумаги въ этому послѣднему пробьютъ искра, принимающая различныя формы (фигура 2-го *отыта*); въ то же время услышимъ характерный трескъ. Послѣ появленія этого свѣта, на листѣ уже нельзя обнаружить присутствія электричества; въ этомъ случаѣ говорить, что электрическимъ огнемъ, или *искрою мистъ разряжается*.

Такимъ образомъ въ теченіе короткаго времени всякимъ желающимъ могутъ быть произведены тѣ опыты, изъ исторіи которыхъ, приведенной нами въ главныхъ чертахъ, видно, что они занимали ученыхъ во всѣхъ странахъ въ продолженіе болѣе столѣтія. Наипростѣйшіе приемы суть вмѣстѣ съ тѣмъ и самыя лучшіе и наиболѣе уясняющіе дѣло. Кто видѣлъ изучаемыя явленія своими глазами, тотъ получаетъ о нихъ болѣе правильное, болѣе здравое понятіе, освобождаясь отъ опасности строить воздушныя замки, что такъ часто случается съ лицами, изучающими электричество безъ производства соотвѣствующихъ опытовъ.

Притяженіе, отталкиваніе, электрической шумъ и электрической огонь, — все это *физическими*, или *кINETИЧЕСКИМИ* проявленіями *потенціальной электрической энергии*, развиваемой на тѣлахъ треніемъ.

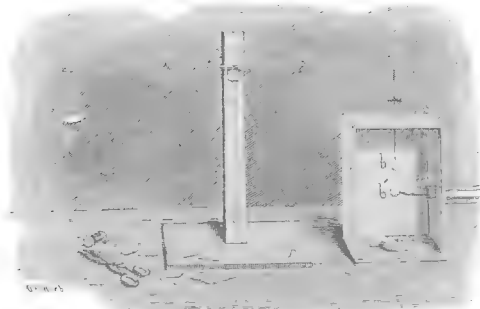
Легче и въ большемъ количествѣ эта форма *потенціальной энергии* получается посредствомъ особыхъ *машинъ*, называемыхъ *электрическими*. Но прежде чѣмъ обратиться къ этимъ послѣднимъ, воспользуемся явленіями притяженія и отталкиванія для того, чтобы научиться измѣрять, *вѣстимое электризованіе*, иначе — *электрическій зарядъ* малыхъ тѣлъ, не стараясь, разумѣется, опредѣлять неизвѣстную природу этого заряда.

Измѣримъ сперва притяженіе двухъ бумажныхъ шариковъ, снабженныхъ металлической поверхностью, образуемой, наприм., тонкимъ слоемъ золота, — въ томъ случаѣ, когда одинъ изъ шариковъ *b* находится въ нейтральномъ состояніи, а другой — *a* — наэлектризованъ. Первая являющаяся при этомъ мысль — это уравновѣсить электрическое дѣйствіе одного шарика на другой *равновѣсками*.

Поэтому намъ нужно приготовить особенно деликатные, чувствительные вѣсы съ разновѣсками.

Установимъ вертикально посрединѣ дощечки Р (фиг. 197) деревянный прутъ  $SS'$ , снабженный въ верхней своей части тонкой горизонтальной иглой  $a$ .  $PSS'$  есть *стойка*, а игла  $a$ —*ось*, или *острие* нашихъ вѣсовъ. Затѣмъ подберемъ крѣпкую соломенку или для большей прочности, длинный, легонкий и правильно вырѣзанный деревянный прутыкъ съ круглымъ и аккуратно сдѣланнымъ отверстиемъ посрединѣ, которымъ прутыкъ АВ надѣвается на иглу  $a$ . Этого прутыка, могущаго чрезвычайно легко и свободно вращаться около иглы  $a$ , называется *коромысломъ*. Къ концу А коромысла привѣшивается чашечка  $p$ —*кружочекъ*, вырѣзанный изъ обыкновенной бумаги и снабженный по окружности тремя отверстиями, чрезъ которые пропущены три одинаковой длины ниточки, удерживаемые внизу узелками. Другіе концы всѣхъ трехъ ниточекъ выѣты прикрѣпляются въ А. Въ В на нити или на соломенкѣ подвѣшивается бузинный шарикъ  $b$ ,—тѣло, подлежащее притяженію. Для установления равновѣсія, т.-е. для приведения коромысла въ строго горизонтальное положеніе берутъ узенькія полоски бумаги, сложенныя крычкомъ,  $c$ , которая вѣшается на коромысло въ надлежащихъ точ-

кахъ, которая ветрудно подобрать. Эти кусочки бумаги называются *рейтерами* (всадниками). Для обезпеченія устойчиваго равновѣсія, подъ остриемъ  $a$ , перпендикулярно къ коромыслу, прикладываютъ къ стойкѣ кусочекъ дерева, имѣющій относительно большіе размѣры. Выѣты съ тѣмъ приготовляютъ себѣ одинаковые разновѣски—весьма ничтожнаго вѣса,—нарѣзая равной длины кусочки тон-



Фиг. 197.—Измѣреніе притяженія.

кой и правильной нити, вѣсъ которой извѣстенъ. Надлежащимъ образомъ измѣняя длину этихъ кусочковъ, сдѣлаемъ себѣ нѣчто въ родѣ ящика съ разновѣсками, для нашей цѣли. Въ заключеніе описанныхъ приготовленій помѣстимъ подъ В какую-нибудь камеру, ящикъ, снабженный въ верхней сторонѣ отверстиемъ, пропускающимъ нить, на которой виситъ шарикъ  $b$ . Къ этой нити на нѣкоторомъ разстояніи отъ шарика горизонтально прикрѣпится соломенка  $e$ , не проходящая чрезъ отверстие и потому задерживающая въ извѣстный моментъ движеніе шарика внизъ. Кроме того, ящикъ снабженъ еще однимъ боковымъ отверстиемъ  $o$ , чрезъ которое вводится наэлектризованный шарикъ  $b'$ , насаженный на заостренный конецъ тоненькой сургучной палочки. Для устранения патанія палочки въ отверстіи, послѣдняя продѣвается сквозь пробковый кружокъ, который помѣщается на такомъ разстояніи отъ шарика  $b'$ , чтобы при положеніи пробочки въ отверстіи шарикъ  $b$  и  $b'$  находились какъ разъ на одной вертикальной линіи.

Внизу въ ящикѣ помѣщаютъ осушающія вещества (негашеная известь, хлористый кальцій, сѣрная кислота) для полного удаленія влаги изъ воздуха, заключающагося въ камерѣ; этимъ въ значительной мѣрѣ предотвращается потеря электричества, что при извѣстной сноровкѣ и ловкости, позволяетъ производить измѣреніе достаточно спокойно.

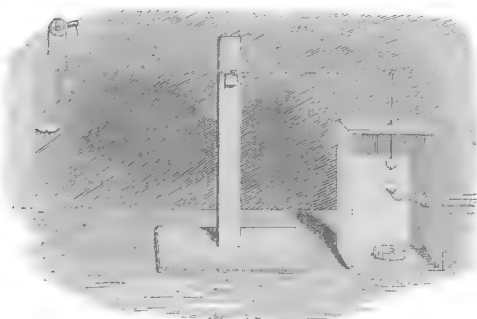
Когда шарикъ  $b'$  введенъ въ камеру, то шарикъ  $b$  устремляется къ при-

тягивающему его шарик и тотчас же прилип бы к нему, если бы не помешала задержка  $e$ .

Для восстановления равновесія кладут щипчиками въ чашку  $p$  кусочки нитки, служащие намъ разновѣсками. Общимъ вѣсомъ вѣсъ потребовавшихся для этого разновѣсокъ и измѣряется притяженіе. Точнѣе это притяженіе измѣряется вѣсомъ тѣхъ нитокъ, которыя требовалось бы наложить на шарикъ  $b$ , по удаленіи шарика  $b'$  для новаго восстановления равновѣсія, т.-е. для того, чтобы уравновѣсить уже положенныя на чашку нитки, такъ какъ устроенныя нами вѣсы не совсѣмъ вѣрны.

Если требуется измѣрить отталкиваніе, то предъидущіе вѣсы не годятся, такъ какъ отталкиваніе шарика и разновѣски въ чашкѣ поворачиваютъ коромысло въ одну и ту же сторону. Но измѣреніе дѣлается возможнымъ послѣ легкаго измѣненія описанныхъ вѣсовъ, состоящаго въ томъ, что къ верхнему концу нитокъ, удерживающихъ чашку, прикрѣпляется (см. 198) нить, которую, прежде чѣмъ прикрѣпить къ коромыслу, перекидываютъ черезъ маленький блокъ  $г$ ; кромѣ того, шарикъ  $b$  подвѣшивается уже не на нити, а на тоненькомъ, но неплативомъ прутикѣ, сдѣланномъ изъ какого-нибудь удивляющаго вещества; наконецъ, задержки  $e$  здѣсь нѣтъ.

Введенный въ камеру наэлектризованный шарикъ  $b'$  притягиваетъ шарикъ  $b$ , который, придя въ соприкосновеніе съ первымъ, электризуется одинаково съ нимъ и вслѣдъ за тѣмъ отталкивается; благодаря этому, коромысло поворачивается по направленію стрѣлки 1. Кладя въ чашку нитки-разновѣски, стараемся повернуть коромысло въ направленіи стрѣлки 2 до приведенія его въ горизонтальное положеніе, изъ тѣхъ измѣремъ взаимное отталкиваніе шариковъ такъ же, какъ ранѣе измѣрили притяженіе



Фиг. 198.—Измѣреніе отталкиванія.

Измѣреніе притяженія и отталкиванія можетъ быть осуществлено помощью другихъ, не столь простыхъ, но зато болѣе чувствительныхъ приемовъ, къ которымъ подготовили насъ предшествующіе.

Закрутивъ спирально на цилиндрическомъ стерженькѣ весьма тонкую проволоку, и вынувъ затѣмъ стерженецъ, получимъ чрезвычайно нѣжную пружину  $R$  (см. 199). Къ одному концу этой пружинки привкрѣпляется сургучомъ бузинный шарикъ  $b$ , другой же конецъ ея привкрѣпляется ко дну ящика; послѣдній служитъ для предохраненія деликатной пружинки отъ движенія воздуха; кромѣ того, въ немъ находятся осушающія вещества. Крышка ящика снабжена отверстиемъ, черезъ которое вводится наэлектризованный шарикъ  $b'$ , укрѣпленный на заостренномъ концѣ изолирующей ручки. Послѣдняя удерживается въ кольцѣ, образуемомъ концомъ желѣзной проволоки  $F$ . Это кольцо можно легко расширить и затѣмъ сдвинуть, благодаря чему въ немъ легко передвигать ручку и такимъ образомъ приближать или удалять другъ отъ друга шарикъ  $b'$  и  $b$ .

Когда введемъ наэлектризованный шарикъ  $b'$ , то шарикъ  $b$  сначала притянется, придетъ въ соприкосновеніе съ  $b'$ , получитъ зарядъ того же наименованія, какъ и у шарика  $b'$ , и затѣмъ тотчасъ же оттолкнется.



Указатель (стрѣлка),  $\delta$ , прикрѣпленный къ пружинѣ и двигающійся противъ скалы съ дѣлениями, покажетъ сжатіе пружины. Произведя такое же сжатіе наложеніемъ гирекъ, получимъ величину отталкиванія, выраженную въсовымъ числомъ.

Если въ то время, когда шарики  $b$  и  $b'$  такимъ образомъ наэлектризованы, черезъ боковое отверстіе  $o$  введемъ третій шарикъ, по величинѣ равный  $b$  и находящійся въ нейтральномъ состояніи, то отъ соприкосновенія его съ шарикомъ  $b$ , послѣдній, какъ принято считать, потеряетъ половину своего заряда, что согласно съ закономъ симметріи; въ самомъ дѣлѣ, нельзя допустить, чтобы послѣ соприкосновенія двухъ совершенно одинаковыхъ шариковъ на нихъ не оказалось равныхъ зарядовъ. Въ этомъ легко убѣдиться изъ опыта, установивъ теперь равновѣсіе такимъ образомъ, чтобы разстояніе между шариками сдѣлалось тѣмъ же, какъ и въ предыдущемъ случаѣ; тогда окажется, что отталкиваніе сдѣлалось вдвое меньшимъ.

Касаясь затѣмъ въ другой разъ шарика  $b$  равнымъ ему и нейтральнымъ шарикомъ, опять уменьшимъ отталкиваніе вдвое, т.-е. сдѣлаемъ его вчетверо меньше противъ отталкиванія, существовавшего до перваго прикосновенія. Сколько бы разъ мы ни повторяли эти опыты, отталкиваніе всегда будетъ уменьшаться по одному и тому закону; это выражаютъ, говоря, что *отталкиваніе пропорціонально заряду шарика  $b'$ , причемъ оно направлено по прямой, соединяющей центры двухъ шариковъ.*

Фиг. 199.—Другой способъ измѣренія притяженія и отталкиванія

относится и къ шарикамъ  $b$ , ничѣмъ не отличающемуся отъ  $b'$ .

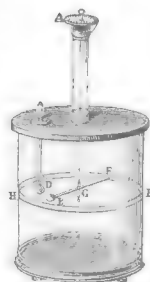
Оставляя заряды на шарикахъ неизмѣнными, но уменьшая разстояніе между ними  $bb'$ , убѣдимся, что при увеличеніи разстоянія вдвое, отталкиваніе дѣлается въ дважды два, т.-е. въ четыре раза меньше, при увеличеніи разстоянія втрое, отталкиваніе уменьшается въ трижды три, т.-е. въ девять разъ, и т. д. Это выражаютъ, говоря, что *отталкиваніе, происходящее между двумя наэлектризованными шариками  $b$  и  $b'$ , не только пропорціонально зарядамъ каждому изъ нихъ, но и измѣняется обратно пропорціонально квадрату ихъ разстоянія.*

Въ этомъ состоятъ два закона Кулона\*), которыми одинаково подчиняются элементарныя электрическія притяженія и отталкиванія, т.-е. происходящія между малыми наэлектризованными тѣлами, или, говоря общѣ, между различными элементами, частями наэлектризованныхъ тѣлъ, независимо отъ размѣровъ этихъ тѣлъ.

При своихъ работахъ, относящихся къ этому предмету, знаменитый физикъ пользовался не совсѣмъ тѣми приемами, которые мы употребили въ предшествующихъ опытахъ. Его приборъ, его вѣсы отличались еще большей чувствительностью; онъ уравнивалъ электрическія притяженія и отталкиванія

\*) Шарль-Огюстенъ де Кулонъ, род. въ Англувѣ въ 1736 г., ум. въ 1806 г., былъ членомъ академіи наукъ; его труды, трактующіе о притяженіи и отталкиваніи, о треніи и т. д., напечатаны въ *Запискахъ академіи наукъ*; въ 1779 г. онъ написалъ сочиненіе подъ заглавіемъ: *Исслѣдованія надъ способами производства подъ водою всевозможныхъ гидравлическихъ работъ безъ всякаго истощенія силы.*

кручением серебряной проволоки, до такой степени тонкой, что метръ ея въ-силъ одинъ сантиграммъ. Дѣйствительно, взаимное притяженіе и отталкиваніе шариковъ настолько ничтожно, что оно побѣждается уже весьма незначительной силой крученія. Эти вѣсы, механизмъ которыхъ понятенъ съ перваго взгляда, представлени на фигурѣ 200. По оси стеклянной трубки вертикально опускается привѣшенная въ А серебряная проволока, поддерживаемая тонкую изолирующую стрѣлку G. Къ одному концу стрѣлки прикрѣпленъ шарикъ E, а другой конецъ снабженъ противѣсомъ F. Черезъ отверстіе въ крышкѣ стекляннаго ящика вводятъ второй шарикъ D, который помещаютъ такъ, чтобъ онъ касался перваго. Затѣмъ до обоихъ шариковъ дотрогиваются наэлектризованной палочкой, которую вводятъ черезъ другое отверстіе въ крышкѣ; наэлектризовавшись, шарики отталкиваются и болѣе или менѣе закручиваютъ проволоку; уголъ удаления двухъ шариковъ отсчитывается на бумажной полоскѣ съ дѣленіями НН. Понятно, что если крученіе проволоки предварительно отнесено къ вѣсовымъ мѣрамъ, то описанные вѣсы позволяютъ опредѣлить изучаемое электрическое дѣйствіе вѣсовыми мѣрами. Значительнымъ неудобствомъ, затрудняющимъ подобные опыты, является быстрая потеря заряда, благодаря которой весьма легко получить совершенно невѣрные результаты.

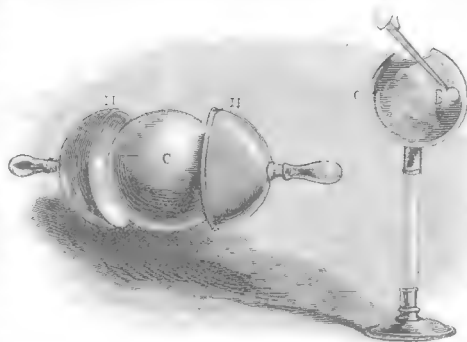


Фиг. 200.  
Вѣсы Кулона.

Вернемся теперь къ опыту съ пружинными вѣсами и покажемъ, каковы образомъ опредѣляется единица электрическаго заряда.

Если два равные шарика,  $b$  и  $b'$ , имѣющіе послѣ соприкосновенія одинаковый зарядъ, уравниваются другъ друга при разстояніи между ними въ одинъ сантиметръ, то они, какъ принято выражаться, обладаютъ единицей заряда въ томъ случаѣ, если, по удаленіи шарика  $b$ , на пружину для сообщенія ей прежней степени сжатія, нужно положить одну дину \*). Если зарядъ какого-либо тѣла можетъ со-общить единицу заряда 20, 80..., такимъ шарикамъ, какъ  $b$  или  $b'$ , то величину этого заряда опредѣляютъ числомъ въ 20, 80,...

Умѣя, такимъ образомъ, сравнивать заряды, получаемые какимъ-нибудь шарикомъ  $b'$ , или металлическимъ кружкомъ, насаженнымъ, подобно шарiku, на концѣ изолирующей палочки и называемымъ пробной пластинкой, легко показать, что съ данной точки поверхности проводника зарядъ тѣмъ сильнее, чѣмъ болѣе проводникъ заостренъ въ этой точкѣ; электричество скопляется на углахъ и острiяхъ; такъ какъ на поверхности шара, всѣ точки



Фиг. 201.—Электричество распределяется на вѣншей поверхности проводника.

\*) Дина вѣситъ 1,01... миллигр. Опредѣленіе ея будетъ сдѣлано впоследствии. Указанная единица принята для измѣренія заряда, подобно тому, какъ метръ — для измѣренія длины. Передъ числовой величиной заряда ставятъ знакъ + въ томъ случаѣ, когда онъ положительный, или знакъ — въ случаѣ отрицательнаго заряда.

одинаковы, то и зарядъ здѣсь оказывается повсюду одинаковымъ, — *распределение электричества вездѣ одно и то же.*

Докажемъ сперва, что на внутренней поверхности полога проводника зарядъ равенъ нулю; другими словами, что *электрический зарядъ распределяется только на наружной поверхности проводника.* Для этого наэлектризуемъ изолированный полый проводникъ С (фиг. 201) и дотрогнемся до какой-нибудь точки внутренней его поверхности пробнымъ шарикомъ  $b'$ ; при испытаніи шарика помощью вѣсовъ или электроскопа не обнаружится никакого движенія.

То же самое можно доказать слѣдующимъ опытомъ. Подвѣсимъ на изолирующей нити наэлектризованный массивный проводникъ С (фиг. 211) и покроемъ его двумя полыми металлическими полушаріями НН, съ изолирующими ручками. Если затѣмъ снимемъ ихъ съ покрываемого ими проводника, то убѣдимся, что полушарія наэлектризованы, между тѣмъ какъ шаръ С оказывается въ нейтральномъ состояніи; слѣдовательно, зарядъ шара весь перешелъ на вѣдную поверхность полушарій, или, что то же, на вѣдную поверхность того новаго проводника, который составили изъ шара вмѣстѣ съ наложенными на него полушаріями.

Наэлектризованный и изолированный сачекъ для ловли бабочекъ (фиг. 202) испытываютъ пробной пластинкой, дотрогиваясь сперва до внутренней, затѣмъ до вѣдной поверхности; присутствіе электричества обнаруживается только на вѣдной поверхности. Если посредствомъ шелковой нити вывернуть сѣтку, то пробная пластинка покажетъ, что внутренняя поверхность сѣтки, только что бывшая наружной, находится теперь въ нейтральномъ состояніи, а наэлектризована только новая вѣдная поверхность.

Если, наэлектризовавъ оловянную ленту, прикрѣпленную однимъ концомъ къ стеклянной палочкѣ, накручивать ее на палочку, вращая послѣднюю, то вслѣдствіе всебольшаго и большаго уменьшенія открытой поверхности ленты, зарядъ будетъ скопляться на остающейся поверхности, благодаря чему два бумажныхъ шарика, привѣшенные рядомъ на свободномъ концѣ ленты, станутъ все болѣе удаляться другъ отъ друга.

Тотъ же опытъ можно произвестъ съ металлической цѣпочкой вмѣсто ленты. Обыкновенно кладутъ цѣпочку на проводящую изолированную площадку, къ которой привѣшенъ двойной маятникъ (фиг. 203). Если поднимать одинъ конецъ цѣпочки помощью стеклянной палочки, то поверхность проводника будетъ увеличиваться и распределение заряда, благодаря этому, мѣняться; отъ этого отталкиваніе между шариками будетъ уменьшаться. Напротивъ, послѣднее уменьшится, если цѣпочку свернуть, такъ какъ при этомъ, вслѣдствіе большей площади соприкосновения зеренъ, общая свободная поверхность проводника уменьшается.

Таково распределение электричества на поверхности *проводящихъ тѣлъ* (въ *изоляторахъ* зарядъ остается въ томъ самомъ мѣстѣ, въ которомъ онъ первоначально былъ возбужденъ, безразлично, находится ли оно на внутренней, или на вѣдной поверхности) во всѣхъ случаяхъ, даже и тогда, когда проводникъ представляетъ собою сѣтку съ густыми петлями, въ чемъ мы убѣдились изъ опыта съ сачкомъ для ловли бабочекъ, принадлежащаго Фарадеу.

Возьмемъ еще изолированную корзинку изъ желѣзной проволоки (фиг. 204); подвѣсимъ къ ней снаружи и внутри бумажные шарикъ и соединимъ ее съ электрической машиной. Тогда вѣдные шарикъ будутъ отталкиваться корзинкой, между тѣмъ какъ внутренніе останутся въ покое.



Фиг. 202.

На электризованный сачекъ для ловли бабочекъ.



Фиг. 203.

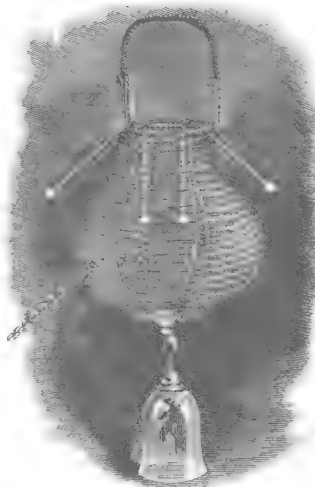
Двойной маятникъ.

Фарадей произвел описанный опыт в большом масштабе. Вот как описывает его самъ Фарадей: „Я устроилъ большую кубическую камеру, имѣющую 12 фут. длины, ширины и вышины и состоящую изъ легкаго деревяннаго остова, пронизаннаго въ различныхъ направленіяхъ мѣдной проволокой, такъ что стѣнки, въ сущности, представляли собою рѣшетки. Камера была покрыта бумагой, которая была соединена съ проволокой и со всѣхъ сторонъ обернута оловянными листами, такъ что камера во всѣхъ своихъ частяхъ представляла хорошій проводникъ и вся могла быть хорошо соединена съ электрической машиной. Я вошелъ въ свою камеру, пробылъ въ ней достаточно времени, но не замѣтилъ никакого дѣйствія на внесенныя туда зажженные свѣчи, электроскопы, вполне пригодные для обнаруженія присутствія электричества, несмотря на то, что камера во все это время была сильно заряжена и изъ внѣшней поверхности ея безпрестанно выходили большія искры и кисти“.

Эти опыты показываютъ, что электрическій зарядъ располагается весь на внѣшней поверхности *проводящаго тѣла*, благодаря чему, тѣло, помѣщенное внутри проводника, совершенно изъято отъ дѣйствія наэлектризованныхъ тѣлъ, лежащихъ внѣ проводника, такъ что изолированный полый проводникъ можетъ служить для помѣщеннаго въ немъ тѣла вполне надежной защитой отъ электрическихъ дѣйствій внѣшнихъ тѣлъ.

Для сравненія зарядовъ въ двухъ точкахъ на поверхности какого-нибудь наэлектризованнаго тѣла, къ нимъ дотрогиваются шарикомъ  $b'$  (во избѣжаніе небрежныхъ результатовъ вслѣдствіе потери электричества, промежуткомъ времени между обоими прикосновеніями долженъ быть какъ можно короче) и оба раза измѣряютъ помощью вѣсовъ зарядъ, полученный шарикомъ. При такихъ измѣреніяхъ легко замѣтить, что зарядъ тѣмъ больше, чѣмъ болѣе заостренный видѣ имѣетъ испытываемая часть поверхности. Принимаютъ, что пробная пластинка получаетъ зарядъ, равный, или, по крайней мѣрѣ, пропорціональный заряду проводника въ испытываемой точкѣ. Это допущеніе оправдывается, въ извѣстной степени, тѣмъ обстоятельствомъ, что при испытаніи шаровой поверхности, — симметричной по прямуществу, — пробная пластинка обнаруживаетъ всюду одинаковый зарядъ. Для обозначенія величины заряда въ той или другой точкѣ на поверхности проводника, т.-е. для обозначенія характера распределенія заряда, пользуются понятіемъ *электрической плотности*; послѣдняя есть тотъ зарядъ, которымъ обладаетъ весьма малая часть поверхности въ окрестности данной точки.

Такъ какъ тѣла, заряженные однороднымъ электричествомъ, отталкиваются, то ясно, что наэлектризованные элементы, образующіе поверхность даннаго тѣла, должны отталкиваться между собой; отъ этого поверхность должна находиться въ состояніи нѣкотораго напряженія; дѣйствительно, если части поверхности обладаютъ подвижностью, то они приходятъ въ движеніе. Такъ, мыльный пузырь, когда его электризуютъ, увеличивается въ объемѣ, не измѣняясь въ своей формѣ, откуда слѣдуетъ, что пузырь увлекается наружу по направлению, перпендикулярному къ поверхности и повсюду съ одинаковымъ силою. Дѣло

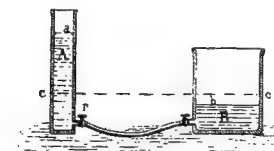


Фиг. 204. — Распределение электричества на сѣточкѣ проводникѣ.

при этомъ происходитъ совершенно такъ, какъ если бы воздухъ, заключающійся внутри пузыря сталъ увеличиваться въ объемѣ.

Такимъ же образомъ надувается и сѣтка Фарадея, когда её электризуютъ. Англійскій физикъ Симмеръ рассказываетъ, что его шелковые чулки электризуются всякій разъ, когда онъ сжимаетъ ихъ, при чемъ они не спадаютъ, а поднимаются въ это время форму ноги.

То отталкивательное дѣйствіе, которое стремится увлечь наружу элементъ обнимающій данную точку поверхности проводника, называется *электростатическимъ давленіемъ*, или также *электрическимъ напругеніемъ* въ данной точкѣ. Оно направлено наружу и нормально къ поверхности проводника и, очевидно, должно возрастать съ электрическою плотностью въ рассматриваемой точкѣ; поэтому оно гораздо сильнѣе на углахъ и острійхъ, чѣмъ на плоскихъ частяхъ или на частяхъ поверхности, принадлежащей шару съ большимъ радіусомъ.

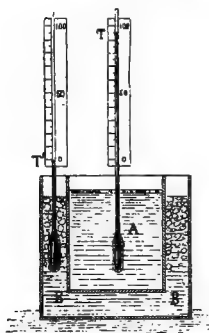


Фиг. 205.—Соединяющіеся сосуды: жидкости.

Теперь перейдемъ къ выясненію другой, весьма важной, стороны электрическихъ явленій, именно той, которою опредѣляется распределение электричества между проводниками, соединенными между собою посредствомъ металлической проволоки. Мы говоримъ о *потенціалѣ*.

Роль потенциала, или лучше, *разности потенциаловъ*, существующей между двумя проводниками, выяснится изъ слѣдующихъ сравненій.

Если въ двухъ сообщающихся сосудахъ—А и В (фиг. 205) содержится вода, уровень которой *a* въ сосудѣ А выше, чѣмъ уровень *b* въ сосудѣ В, то, какъ только откроемъ край *г* у сообщающей трубки, вода тотчасъ же начинаетъ переливаться изъ сосуда А въ сосудъ В. Итакъ, тутъ образуется токъ воды, идущій отъ А къ В, причемъ количество переходящей воды тѣмъ больше, чѣмъ больше разность уровней *a* и *b*. Въ этомъ примѣрѣ совершенно очевидно, что переливаніе опредѣляется не отношеніемъ количествъ жидкости, содержащихся въ томъ и другомъ сосудахъ, а единственно только *разностью уровней*. Такъ, изъ ничтожнаго источника вода устремляется въ море только потому, что уровень воды въ источникѣ выше уровня моря.



Фиг. 206.—Уравниваніе температур: тепловой токъ.

Равновѣсіе, состояніе покоя устанавливается лишь тогда, когда *уровни жидкости въ обоихъ сосудахъ выравниваются*.

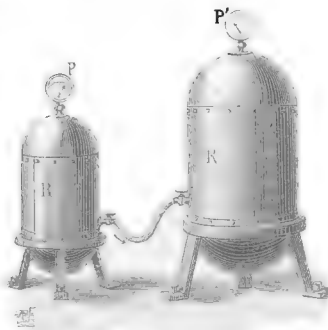
Подобно этому и распределение теплоты между двумя тѣлами опредѣляется *разностью ихъ температуры*. Если изъ двухъ тѣлъ А и В (фиг. 206) температура у А, какъ показываетъ термометръ Т, выше температуры тѣла В, указываемой термометромъ Т' то, какъ скоро тѣла будутъ приведены въ соприкосновеніе, начнется переходъ теплоты отъ А къ В; термометръ Т станетъ понижаться, а термометръ Т'—повышаться до тѣхъ поръ, пока показанія обоихъ не сравняются.

Наконецъ, пусть R и R' (фиг. 207) будутъ два сосуда, приемника, той или иной формы и емкости, наполненные воздухомъ. Соединенные съ этими сосудами манометры Р, Р', т. е. приборы, показывающіе давленіе газа, показываютъ намъ давленіе, подъ какимъ находится воздухъ въ томъ и другомъ сосудахъ. Положимъ, что давленіе въ R больше, нежели въ R'. Когда открываютъ край *г* у соединяющей трубки, манометръ Р тотчасъ же понижается, между тѣмъ какъ Р' повышается, показанія манометровъ становятся одинаковыми, выражаются теперь од-

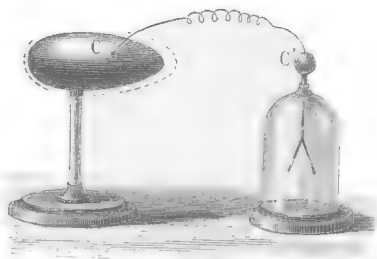
нимъ числомъ, промежуточнымъ между **обоими** первоначальными показаніями, — т. е. между сосудами устанавливается равновѣсіе. Въ теченіе того промежутка времени, когда давленія въ обоихъ сосудахъ выравнивались, изъ R въ R' переходилъ воздухъ. Переходъ слѣдовательно, совершается изъ мѣста большаго давленія въ мѣста меньшаго давленія и прекращается въ тотъ моментъ, когда давленіе становится одинаковымъ во всей системѣ. Итакъ, направление перехода и количество переходящаго воздуха определяются разностью давленій. То обстоятельство, что сосудъ R имѣетъ вмѣстимость меньшую, чѣмъ сосудъ R'—содержитъ меньшее вѣсовое количество воздуха, не играетъ при этомъ никакой роли: часть воздуха изъ него стремится перейти въ другой сосудъ въ силу того, что давленіе его въ первомъ больше, чѣмъ въ последнемъ.

То же самое происходитъ и съ наэлектризованными тѣлами; и здѣсь мы точно также встрѣчаемъ нѣкоторый факторъ, опредѣляющій распребленіе электричества на поверхности проводниковъ. Если два тѣла, заряженные, напр., положительно, приведены въ сообщеніе посредствомъ проволоки (фиг. 208) то тѣло, уступающее часть своего заряда другому, имѣетъ болѣе высокій потенциалъ, причѣмъ убыль электричества у этого тѣла С, равная прибыли у проводника съ болѣе низкимъ потенциаломъ С', тѣмъ больше, чѣмъ больше самая разность потенциаловъ. Равновѣсіе устанавливается въ тотъ моментъ, когда потенциалъ дѣлается одинаковымъ во всей системѣ.

Если конецъ соединяющей проволоки станемъ перемѣщать на поверхности проводника С, то, какъ показывають соломѣнки въ электроскопѣ С', равновѣсіе не нарушается; отсюда слѣдуетъ, что не электрическая плотность въ точкѣ соприкосновенія, какъ можно было бы подумать, вліяетъ на переходъ электричества съ одного проводника на другой, — что этотъ переходъ совершается въ силу нѣкотораго особеннаго свойства заряда. Это-то свойство и называютъ потенціаломъ заряда. Изъ двухъ равныхъ количествъ воздуха, заключенныхъ въ резервуары неодинаковой емкости, меньшее давленіе оказываетъ то, которое заключено въ болѣебшій резервуаръ. Подобно этому, данный зарядъ сообщаетъ проводнику тѣмъ меньшій потенциалъ, чѣмъ больше поверхность проводника; подобно резервуару, и электрический проводникъ имѣетъ свою емкость, зависящую отъ формы и размѣровъ его поверхности. *Емкость* у большаго шара больше, чѣмъ у малаго. Если бы зарядъ, принадлежащій малому шару, находился на болѣебшомъ, то его потенциалъ былъ бы ниже, стремленіе заряда отдѣлиться отъ этого шара было бы меньше. Если вообразимъ, что емкость резервуара R' (фиг. 207) чрезвычайно велика по сравненію съ емкостью резервуара



Фиг. 207. — Сообщающиеся приемники: газовый токъ.



Фиг. 208. — Сообщающиеся наэлектризованные проводники: электрический токъ.



Фиг. 209 — Франклинъ, наблюдающій овойство остріеъ.

В, то токъ воздуха, устремляющийся изъ В въ В' не въ состояніи былъ бы замѣтно измѣнить давленіе В' въ этомъ послѣднемъ; другими словами, можно сказать, что давленіе въ резервуарѣ В, послѣ соединенія съ резервуаромъ В' также сдѣлалось бы равнымъ В'. Земля, какъ проводникъ, играетъ ту же роль по отношенію ко всякому другому проводнику, какъ резервуаръ В' по отношенію къ резервуару В, имѣющему сравнительно ничтожные размѣры, т. е. всякій проводникъ, будучи приведенъ въ сообщеніе съ землею, принимаетъ ея потенциалъ. Этотъ послѣдній условилось считать за нуль. *Всякій потенциалъ болѣе или менѣе положительный, а менѣе — отрицательный \**).

Въ то время, когда потенциалы различныхъ проводниковъ соединенныхъ посредствомъ проволокъ, стремятся уравниваться между собою, эти послѣдніе находятся въ особенномъ дѣятельномъ состояніи; по нимъ проходитъ *электрическій токъ*, подобно тому, какъ по соединительнымъ трубкамъ между двумя сообщающимися сосудами, уравнивающими свои уровни или давленія, проходятъ токъ воды или воздуха.

Когда разниця давленій на соответствующія стѣнки приемниковъ В' и В становится слишкомъ велика, то оболочка у нихъ разрывается и газъ вырывается наружу. Воздухъ, раздѣляющій два наэлектризованныхъ тѣла, играетъ роль стѣнки между ними; онъ вынуждаетъ заряды оставаться на соответствующихъ проводникахъ. Но сопротивленіе этой стѣнки имѣетъ извѣстные предѣлы, такъ что если разность потенциаловъ двухъ проводниковъ достигаетъ достаточной величины, то воздухъ въ извѣстномъ направленіи, такъ сказать, разрывается, и между проводниками перескакиваетъ искра, производящая то же самое, что произошло бы въ случаѣ соединенія двухъ проводниковъ посредствомъ проволоки. Такой разрядъ, происходящій при разрывѣ изолятора, называется *разряднымъ разрядомъ*. Расстояніе, отдѣляющее два тѣла въ моментъ появленія между ними искры, называется *разряднымъ расстояніемъ*. По разрядному расстоянію, предѣльному для появленія искры между двумя наэлектризованными тѣлами при данныхъ условіяхъ, можно судить приблизительно о той разности потенциаловъ, какую эти тѣла могутъ представлять при этихъ условіяхъ.

Сдѣлавъ эти необходимыя замѣчанія, вернемся къ *электрическимъ машинамъ*. О машинахъ съ *трѣніемъ* мы скажемъ лишь нѣсколько словъ, въ виду того, что эти машины въ настоящее время представляютъ только историческій и теоретическій интересъ.

Наиболѣе древняя изъ нихъ и въ то же время, конечно, и болѣе примитивная—это уже рѣдѣ описанная машина Отто Герике. На фигурѣ 187 изображена машина, которою пользовался аббат Нолле, около середины XVIII столѣтія. Она состоитъ изъ стекляннаго шара, которому сообщается быстрое вращательное движеніе помощью большого колеса и бесконечнаго ремня. Натянутымъ тѣломъ служили приложенныя къ шару руки экспериментатора. Но для этой дѣли годились далеко не всякія руки, такъ какъ требовалось, чтобы онѣ были совершенно сухими. Руки аббата Нолле, разсказываетъ французскій физикъ Сиге-де-ла-Фонъ, были особенно пригодны для возбужденія электрической силы. ...

Съ электризуемаго шара электричество посредствомъ цѣпи передается металлическому проводнику (кондуктору) подвѣшенному на шелковыхъ шнурахъ, перекинутыхъ черезъ блоки (фиг. 186). Этотъ кондукторъ, есть резервуаръ, изъ котораго берется электричество прикосновеніемъ или проведеніемъ. Устройство его принадлежитъ Боде, профессору университета въ Виттенбергѣ; онъ пользовался жестяной трубкой, которую держалъ помощникъ, стоявшій на смоляномъ кругѣ.

Такъ какъ при случавшихся иногда разрывахъ шара осколки летѣли прямо

\*) Разности потенциаловъ измѣряются помощью приборовъ, называемыхъ *электрометрами*, которые будутъ описаны ниже.



на наблюдателя, натиравшаго его, то вмѣсто натирания руками было введено натирание такъ-называемыми подушками Винклера—шерстяными или кожаными.

Въ ѣвоторыхъ машинахъ, наприм., въ машинѣ лейденскаго физика Мюшенбрѣка, вмѣсто шара употреблялся стеклянный цилиндръ, который представляетъ то преимущество, что здѣсь натирается большая поверхность. Такъ какъ такіе цилиндры, вслѣдствіе трудности ихъ приготовленія, стоятъ очень дорого, то у Сиго-де-ла-Фона явилась мысль воспользоваться, въ качествѣ подвижной части машины, стекляннымъ кругомъ\*. Въ 1766 г. эта идея получила новую поддержку въ лицѣ англійскаго физика Рамсдена.

Но для надлежащаго уясненія дѣйствія послѣднихъ машинъ съ треніемъ, типа Рамсдена, Нерна и т. п., необходимо предварительно познакомиться со *свойствомъ острій*, которое открыто Франклиномъ въ 1747 г. Вотъ какъ знаменитый ученый описываетъ это открытіе въ письмѣ къ одному изъ своихъ друзей, Коллинсоу, члену лондонскаго Королевскаго Общества:

„Въ послѣднемъ своемъ письмѣ я извѣщалъ Васъ, что при напихъ изслѣдованіяхъ въ области электричества, мы наблюдали нѣсколько своеобразныхъ и, повидимому, новыхъ явленій. Первое изъ этихъ явленій—это поразительное дѣйствіе острій—*вытягиваніе и испусканіе* ими электрическаго огня\*). Вотъ примѣръ. Приложите ядро 3—4 дюймовъ въ діаметрѣ къ отверстию совершенно чистой и сухой бутылки (*фиг. 206*); какъ разъ противъ отверстія бутылки подвѣсьте къ потолку на шелковой нити пробковый шарикъ величиной съ обыкновенную ружейную пулю, причѣмъ длина нити должна быть такова, чтобы шарикъ помѣстился какъ разъ надъ ядромъ. Когда вы наэлектризуете ядро, пробковый шарикъ оттолкнется, смотря по количеству элѣктричества, на расстояние отъ 4 до 5 дюймовъ. Если вы теперь въ 6—8 дюймахъ отъ ядра помѣстите остріе длиннаго и тонкаго шила, то отталкиваніе мгновенно уничтожится и шарикъ устремится къ ядру. Для произведенія такого же дѣйствія тупымъ шиломъ нужно, чтобы оно было удалено не болѣе какъ на дюймъ и извлекло искру.

„Описанный опытъ доказываетъ, что электрическій огонь (электричество) вытягивается остріемъ, но только въ томъ случаѣ, если послѣднее находится въ сообщеніи съ землею; какъ только вы вынете изъ ручки тупой конецъ шила и вдѣлите его въ сургучную палочку, замѣчательное свойство острія тотчасъ же пропадетъ: помѣстите ли вы шило въ томъ же разстояніи, или поднесете его ближе, все равно, вы не получите прежняго результата; но чуть вы дотронетесь пальцемъ до головки шила, пробковый шарикъ въ то же мгновеніе подлетитъ къ ядру. Если вы будете приближать остріе въ темнотѣ, то иногда уже при разстояніи въ одинъ футъ и болѣе, увидите свѣтъ, напоминающій блуждающій огонь или свѣтъ, испускаемый свѣтлякомъ. Чѣмъ менѣе выражено остріе, тѣмъ болѣе нужно приближать остріе для того, чтобы вызвать появленіе свѣта; разстояніе, при которомъ вы замѣчаете свѣтъ, есть то, на какомъ вы можете провѣсти вытяженіе электрическаго огня и уничтожить отталкиваніе...

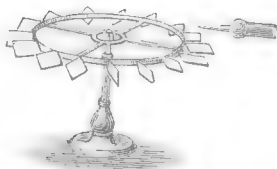
„Для доказательства того, что острія способны также испускать изъ себя электричество, соедините ядро съ длинной и острой иглой; тогда сколько бы вы ни электризовали ядро, вамъ не удастся заставить его оттолкнуть пробковый шарикъ. (Въ этомъ состоялъ опытъ Гопкинсона, который предпринялъ его съ цѣлью извлечь изъ острія множество, и притомъ большихъ, искръ, представляя себѣ остріе нѣкотораго рода средоточіемъ электричества—фокусомъ. Но каково было его изумленіе, когда оказалось, что при этомъ получаются только слабыя искры или же не появляется ихъ вовсе!). Или сдѣлайте такъ. Къ концу дула ружья или желѣзнаго прута прикрѣпите, остріемъ напередъ, иглу, которая бы изображала собой нѣчто въ родѣ миниатюрнаго штыка; до тѣхъ поръ пока это остріе остается въ соединеніи съ ружьемъ или прутомъ, эти послѣдніе, несмотря

\*) Электричество, — на современномъ языкѣ.

на постоянное соприкосновение другого конца ихъ съ наэлектризованной трубкой, никоимъ образомъ не могутъ быть наэлектризованы до степени произведенія искры, такъ какъ электричество непрерывно и незамѣтнымъ образомъ стекаетъ съ острия. Въ темнотѣ вы можете произвести съ послѣднимъ то же явленіе, о какомъ сейчасъ говоримъ“.

Слѣдуетъ замѣтить, что острие, чрезъ которое разряжается соединенный съ нимъ проводникъ, покрывается блестящей *фиолетовою* кистью въ томъ случаѣ, когда проводникъ, заряженъ *положительно*; если же проводникъ заряженъ, напротивъ, *отрицательно*, то острие бываетъ окружено просто блестящей *точкой*, имѣющей *бѣлый* или слегка *желтоватый* цвѣтъ. Такимъ образомъ, одного взгляда на острие въ темнотѣ уже достаточно для опредѣленія знака электризаціи проводника.

Рука, помѣщенная передъ остриемъ, ощущаетъ какъ бы движеніе убѣгающаго воздуха; въ случаѣ сильнаго движенія — имъ можно задуть свѣчу или направляя его на лопатки небольшой мельницы, привести въ движеніе эту послѣднюю (фиг. 210). Этого *электрическаго* *вѣтера* объясняютъ тѣмъ, что частицы воздуха отъ соприкосновенія съ остриемъ электризуются и вслѣдствіе этого отталкиваются имъ. Но въ такомъ случаѣ очевидно, что и воздухъ, оказывая противоположное острию, въ свою очередь долженъ отталкивать это послѣднее. Это въ самомъ дѣлѣ, нетрудно доказать помощью такъ-называемаго *электрическаго* *колеса* (фиг. 222), которое состоитъ изъ проводящихъ заостренныхъ палочекъ, у которыхъ острия всѣ загнуты въ одну сторону. Оно можетъ вращаться на вертикальномъ остриѣ, установленномъ на изолирующей подставкѣ. Если соединить его съ наэлектризованнымъ проводникомъ, оно тотчасъ же начнетъ вращаться и притомъ въ сторону, противоположную направленію остриевъ, что слѣдуетъ объяснить тѣмъ, что наэлектризованныя частицы воздуха дѣйствительно отталкиваютъ острия, заряженные тѣмъ же электричествомъ, какъ и воздухъ.



Фиг. 210.—Электрическая мельница.

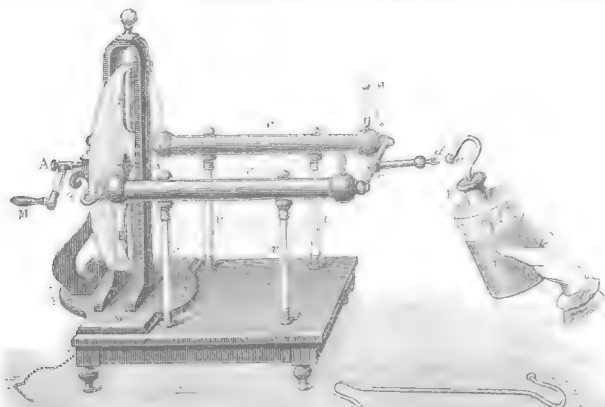
Теперь мы уже достаточно подготовлены къ пониманію устройства машины Рамдена.

Она, подобно всѣмъ прочимъ электрическимъ машинамъ съ треніемъ, состоитъ (фиг. 211) изъ натираемаго тѣла, натирающихъ подушекъ и подлежащихъ электризованію проводниковъ. Натирающее тѣло представляетъ собою стеклянный кругъ, насаженный на горизонтальную ось AA, которая поддерживается стойкою. Придѣланный къ оси рукоятка М позволяетъ вращать кругъ непосредственно. Кругъ натирается четырьмя кожаными подушками F, набитыми конскимъ волосомъ, которая расположены попарно, въ верхней и нижней части стойки, и такъ, что обнимаютъ кругъ. Подушкамъ сообщаютъ металлическую поверхность, покрывая ихъ однимъ изъ многочисленныхъ пригодныхъ для этой цѣли веществъ, изъ которыхъ упоминаемъ только о сусальномъ золотѣ (сѣрное олово, или двусѣрноеолово), хорошо очищенномъ отъ нашатыря, и объ амальгамѣ Кинмайера, состоящей изъ двухъ частей ртути, одной части цинка и одной части олова. Эти подушки играютъ ту же роль, что и руки экспериментатора въ машинѣ Ноле, а роль тѣла наблюдателя, какъ проводника, принадлежитъ здѣсь мѣднымъ пруткамъ, вдѣланнымъ въ деревянную стойку машины и переходящимъ въ металлическую пѣпочку, проведенную къ землѣ. Еще лучше пѣпочку соединить съ водопроводной трубкой или газовымъ рожкомъ. Такимъ образомъ подушки оказываются въ сообщеніи съ землей.

Кондуктору машины SeC, который обыкновенно дѣлается изъ латуни, придаютъ закругленную форму, во избѣжаніе быстрой потери электричества, которая, какъ указалъ Франклинъ, происходитъ при заостренной, угловатой формѣ проводника.

Наблюдениями Франклина пользуются здѣсь еще и въ другомъ отношеніи. Кондукторъ *CcC*, согласно указанію Сито де-ла-Фона, уединенный на стеклянныхъ ножкахъ, оканчивается въ *a* подковообразными латунными прутками, отъ внутренней стороны которыхъ отходятъ тонкія острія; эти прутки называются *гребенками*. Около этихъ-то зубьевъ и проходитъ наэлектризованный кругъ. Съ поверхности круга электричество, какъ это явствуетъ изъ опытовъ Франклина, должно стекать на острія упомянутыхъ гребней и отсюда переходить на кондукторъ. Эти гребни, слѣдовательно, играютъ здѣсь ту же роль, что и металлическая цѣпь въ машинѣ Нолле, соединявшая кондукторъ съ вращающимся стекляннымъ шаромъ. Часть *cd* кондуктора можетъ поворачиваться около горизонтальной оси и приводится въ соприкосновеніе съ какимъ-нибудь изолированнымъ тѣломъ, которое требуется наэлектризовать; для этой цѣли она оканчивается колечкомъ, къ которому привѣшивается проводникъ (*фиг.* 211) или крючокъ цѣпочки, проводящей электричество въ желаемое мѣсто.

Кондукторъ *CcdC*, или, ближе къ практикѣ, часть его *cd* представляетъ *однимъ* изъ такъ-называемыхъ *полоусовъ машинъ*. Если, какъ это обыкновенно бы-



Фиг. 211.—Зарядженіе лейденской банки машиною Рамсдена.

ваетъ, онъ наэлектризованъ положительно, то его называютъ *положительнымъ полюсомъ*. Другой, такъ-называемый *отрицательный полюсъ*, на которомъ необходимо должно собираться отрицательное электричество (такъ какъ оба электричества возбуждаются одновременно) образуютъ подушки *выбѣтъ* съ цѣпочкой и землю, или, что лучше, подушки въ соединеніи, посредствомъ металла, съ какимъ-нибудь изолированнымъ проводникомъ.

Знаменитая машина Нерна, впервые изготавленная названнымъ англійскимъ физико-механикомъ для великаго герцога Тосканскаго, въ 1773 г., построена гораздо симметричнѣе, чѣмъ только-что описанная машина Рамсдена. Въ первой противоположные заряды получаютъ дѣйствительно двумя совершенно сходными кондукторами, между тѣмъ какъ въ машинѣ Рамсдена положительное электричество является на всей поверхности большого кондуктора, а отрицательное доставляется лишь двумя парами подушекъ. Въ виду этого машину Нерна слѣдуетъ считать образцомъ для всякихъ машинъ съ треніемъ.

Она состоитъ (*фиг.* 212) изъ полого стекляннаго цилиндра, надетаго на ось, которая поддерживается двумя стеклянными подставками и можетъ приводиться

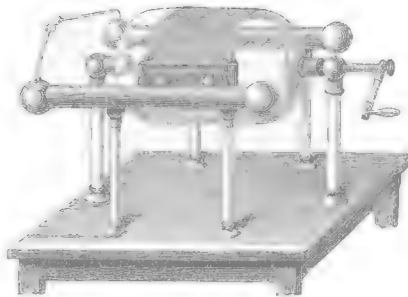
во вращеніе при помощи рукоятки, одна часть которой сдѣлана изъ стекла. Этимъ исполнѣнъ обеспечивается изолированіе оси отъ земли. По бокамъ вращающагося цилиндра расположены, также на стеклянныхъ подставкахъ и на одной высотѣ съ осью, два кондуктора. Одинъ изъ кондукторовъ снабженъ гребнемъ, т.-е. рядомъ металлическихъ остриевъ, обращенныхъ къ цилиндру и подходящихъ весьма близко къ послѣднему; на другомъ находится длинная подушка, повсюду одинаково плотно прилегающая къ цилиндру, благодаря заключеннымъ внутри ея гибкимъ пружинамъ, опирающимся на кондукторъ. Въ этой машинѣ, какъ и въ предшествующихъ, треніемъ стекла о подушку возбуждаются оба электричества; при этомъ положительное появляется на цилиндрѣ, а съ него, по остриямъ, переходитъ на кондукторъ, снабженный этими остриями; отрицательное же электричество распространяется на соединенный съ нею кондукторъ. Къ обоимъ кондукторамъ на одной сторонѣ прицѣплены на концѣ по металлическому стержню, которые можно сближать или разводить. Стержни оканчиваются металлическими же шариками, заряжающимися такимъ же электричествомъ, какъ и соответствующіе имъ кондукторы; это такъ-называемые *полюсы машины*. Шарикъ, принадлежащій къ кондуктору, снабженному остриями, электризуется положительно, и потому носитъ названіе *положительнаго полюса*, а другой шарикъ, получающій отрицательное электричество, называется *отрицательнымъ полюсомъ*.

Если, при дѣйствіи машины, полюсы находятся другъ отъ друга въ надлежащемъ разстояніи, то между ними пробѣгаютъ искры, которые, въ случаѣ равномернаго движенія машины, слѣдуютъ одна за другою черезъ правильные промежутки времени.

Для того, чтобы какое-нибудь проводящее тѣло наэлектризовать положительно, прежде всего изолируютъ его отъ земли, затѣмъ соединяютъ съ положительнымъ полюсомъ посредствомъ стержня, цѣпочки или металлической проволоки. Если такимъ же образомъ привести это тѣло въ сообщеніе съ отрицательнымъ полюсомъ, то оно наэлектризуется отрицательно, и если такимъ тѣломъ служить земля, то машина Нерна будетъ дѣйствовать сходно съ машиной Рамсдена.

Въ историческомъ экземплярѣ машины Нерна стеклянный цилиндръ имѣлъ въ длину 19, а въ діаметрѣ 12 дюймовъ; длина подушки была 14, а ширина 5 дюймовъ. Отъ давалъ искры даже при разстояніи между полюсами въ 14 дюймовъ.

Въ 1772 г., т.-е. за годъ до устройства машины Нерна, французскій физикъ Ле-Руа придумалъ машину съ треніемъ безъ гребня и съ двумя полюсами, могущими употребляться отдѣльно или вмѣстѣ. Австрійскій физико-механикъ Вивтеръ придавъ частямъ названной машины слѣдующее расположеніе. Стеклянный кругъ (фиг. 213) натирается парюю подушекъ, устроенныхъ подобно предъидущимъ. Противъ подушекъ, съ противоположной стороны около круга расположено двойное деревянное кольцо, которое прижимается къ обѣимъ поверхностямъ круга. Оно сообщается съ изолированнымъ сферическимъ кондукторомъ, къ которому, съ цѣлью увеличенія его поверхности, прикрѣпляютъ еще большое полое кольцо, наполненное мѣдной проволокой. Этотъ кондукторъ электризуется положительно, а другой, поддерживающій подушки, — отрицательно

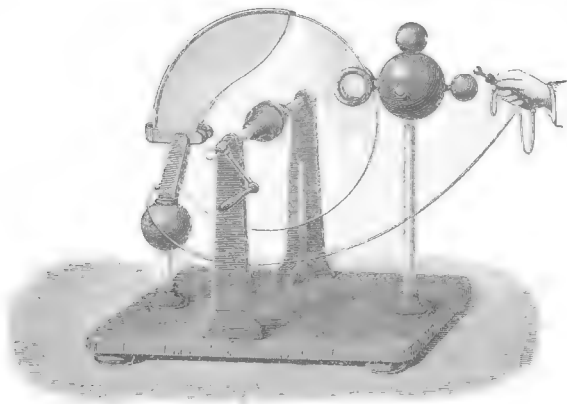


Фиг. 213. — Машина Нерна.

Укажемъ еще на интересную машину, придуманную Ванъ-Марумомъ, въ Гарлемѣ, въ которой одинъ и тотъ же кондукторъ можетъ служить положительнымъ или отрицательнымъ полюсомъ, смотря по желанію наблюдателя.

Она состоитъ (фиг. 214) изъ стекляннаго круга, насаженнаго на одинъ изъ концовъ горизонтальной оси и изолированнаго отъ послѣдней слоемъ шеллака. Кругъ уравнивается тяжестью, помѣщенной на противоположномъ концѣ оси. Подушки расположены по горизонтальному діаметру, и уединены на стеклянныхъ подставкахъ. Изолированный сферическій проводникъ А и двѣ металлическія дуги ВВ' и LL', которыя оканчиваются цилиндриками и могутъ вращаться около горизонтальной оси, дополняютъ машину.

Когда дуги расположены такъ, какъ показано на фигурѣ, то подушки посредствомъ дуги LL' и проводящей подставки сообщаются съ землею; поэтому отрицательное электричество уходитъ въ землю, а положительное по дугѣ ВВ' переходитъ на кондукторъ А. Если же, напротивъ, дугу ВВ' помѣстить горизонтально, а дугу LL'—вертикально, то въ соединеніи съ землею окажется кругъ,



Фиг. 213.—Машина Виятера.

а подушки будутъ приведены въ сообщеніе съ кондукторомъ А; тогда послѣдній наэлектризуется отрицательно и обратится въ отрицательный полюсъ машины.

Однако, въ своихъ опытахъ самъ Ванъ - Марумъ пользовался преимущественно большою машиною, изготовленною Косбертсономъ (1787—88 гг.) по типу машинъ Рамсдена. Въ названной машинѣ два круга, имѣющія около  $5\frac{1}{2}$  фут. въ діаметръ и отстоящія другъ отъ друга на 8 дюймовъ, натираются восемью парами подушекъ, расположенныхъ по вертикальному діаметру и поддерживаемыхъ стойками, установленными на уединенной доскѣ, что позволяло пользоваться, въ случаѣ надобности, и отрицательнымъ электричествомъ подушекъ. Между двумя кругами по горизонтальному діаметру находятся два двойныхъ гребня, соединенныхъ посредствомъ металла съ двумя проводящими шарами въ 1 футъ-діаметромъ, изолированными при помощи подвижныхъ стеклянныхъ подставокъ. Описанная машина, представляющая результатъ огромнаго и кропотливаго труда, хранится въ настоящее время въ Тейлеровскомъ музеѣ въ Амстердамѣ. Помощью ея Ванъ-Марумъ получалъ искры въ 2 фута и вѣсти въ  $1\frac{1}{2}$  фута діаметромъ.

Въ нѣкоторыхъ машинахъ съ треніемъ подвижная часть дѣлается изъ шёлка, а натирающія части—изъ дерева или мѣха. Въ такихъ машинахъ послѣднія электризуются положительно, а первая—отрицательно. Чтобы покончить съ опи-

саніемъ машинъ съ треніемъ, скажемъ нѣсколько словъ объ оригинальной машинѣ Армстронга. Она состоитъ (фиг. 215) изъ изолированнаго котла въ которомъ превращается въ пары *дистиллированная* вода. Когда паръ приобретаетъ высокое давленіе, открываютъ кранъ *t*, выпускающій его въ чугунную трубку *bc*, длина которой 10, а діаметръ 2 дюйма. Изъ этой трубки паръ устремляется въ 4—6 горизонтальныхъ трубокъ, заключенныхъ въ латунную коробку съ холодной водой и оканчивающихся буксовыми надставками (выходными трубками), для увеличенія тренія при выходѣ пара имѣющихъ искривленный каналъ. Паръ, частью сгущающійся при прихожденіи чрезъ коробку, выходитъ изъ надставокъ уже смѣшанный съ частицами воды. По выходѣ паръ встрѣчаетъ гребень *D*, соединенный съ кондукторомъ. Въ этой машинѣ надставки, а слѣдовательно и котелъ, отъ тренія получаютъ отрицательное электричество, а водяныя частицы варяжась, напротивъ, положительнымъ электричествомъ, передаютъ это послѣднее гребню и далѣе кондуктору. Машина лондонскаго Политехническаго института, имѣющая 46 выходныхъ трубокъ, даетъ непрерывный рядъ искръ, длина которыхъ достигаетъ 2 футовъ.

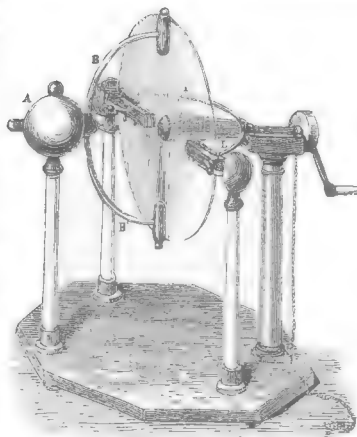
Эта необыкновенно сильная машина, однако-же, не употребляется вслѣдствіе того, что сообщаетъ окружающему воздуху большое количество водяныхъ паровъ, парализующихъ дѣйствіе машины чрезъ короткое время послѣ его начала.

Фарадей первый установилъ что, во-первыхъ, необходимо работать не съ сухимъ, а со влажнымъ паромъ, т.-е. содержащимъ водяныя капельки, во-вторыхъ, что наилучшій матеріалъ для надставокъ представляетъ самшитовое (буксовое) дерево, и, въ-третьихъ, что вода въ котлѣ должна быть дистиллированная.

Употребляя газъ вмѣсто пара, необходимо для полученія желаемаго дѣйствія, смѣшать этотъ газъ съ частицами пыли.

Исходнымъ пунктомъ изслѣдованій, приведшихъ Армстронга къ устройству описанной машины, послужило явленіе, случайно замѣченное однимъ аналіскимъ машинистомъ въ то время, когда онъ исправлялъ течь въ паровой машинѣ, близъ Ньюкастля. Стоя на дурнопроводящихъ теплыхъ плитахъ и держа одну руку въ струѣ выходившаго пара, онъ нечаянно прикоснулся другою рукой къ паровику. Въ этотъ моментъ появилась яркая искра и рабочій почувствовалъ сильное сотрясеніе.

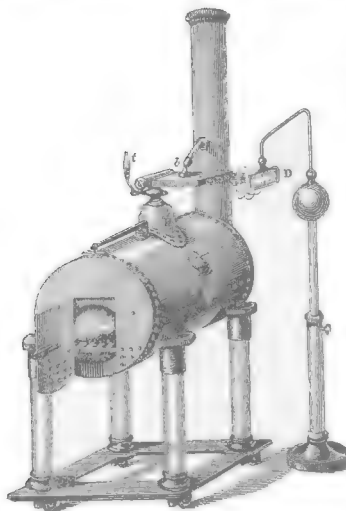
Въ описанныхъ до сихъ поръ машинахъ значительная часть работы, затрачиваемой на вращеніе машины, бесполезно поглощается треніемъ. Профессоръ К. Максуэлль выражается по этому поводу слѣдующимъ образомъ. „Сильно положительная поверхность стекла, удаляющаяся отъ подушки, притягивается этой послѣдней, которая наэлектризована отрицательно, сильнѣе, чѣмъ отчасти уже разряженная приближающаяся поверхность. Слѣдовательно, *электрическія притяженія* оказываютъ извѣстное сопротивленіе силѣ, вращающей машину; поэтому работа, затрачиваемая на вращеніе послѣдней, больше работы, расходуемой на преодоленіе тренія и обыкновеннаго сопротивленія; этимъ избыткомъ работы можно было бы, при идеальныхъ условіяхъ, возбудить извѣстное электрическое



Фиг. 214 — Машина Ванъ-Марума.

состояніе, энергія котораго была бы равносильна (эквивалентна) упомянутому избытку. Оттого всякая такая система, въ которой вся затрачиваемая механическая работа сполна обмѣнивается на эквивалентное ей количество электричества, представляетъ, если не практическую дѣльность, то, по крайней мѣрѣ большую важность въ научномъ отношеніи. Первой машиной въ такомъ родѣ, повидимому, была Никольсонова, въ которой, какъ видно изъ описанія ея въ *Ученыхъ запискахъ* за 1788 г., оба рода электричества производились дѣйствіемъ на рукоятку, безъ участія тренія и безъ сообщенія съ землею\*.

Подобныя машины опираются на явленіе *электризованія на разстояніи*, или, какъ говорятъ, *черезъ вліяніе сквозь изоляторъ (діалектризмъ)*. Ясное представленіе объ этомъ явленіи встрѣчаемъ впервые у Кантава, въ 1753 г.



Фиг. 215. — Машина Армстронга.

Первые экспериментаторы — Отто Герике, Грей и др., не могли не замѣчать явленія *вліянія*, но не придавали ему значенія: почва тогда еще не была подготовлена для уразумѣнія этого наблюденія. Въ исторіи науки такіе факты встрѣчаются на каждомъ шагѣ: для того, чтобы понять данное явленіе и оцѣнить его важность, далеко не достаточно узнать его какъ фактъ изъ наблюденія, а необходимо еще запастъ такихъ идей, которыя позволяютъ бы объяснить подробности данного явленія; пріобрѣтается же такой запасъ, какъ извѣстно, лишь весьма постепенно и медленно — нѣрѣдко въ продолженіе цѣлыхъ вѣковъ.

Очень легко произвести основныя опыты надъ *электрическимъ вліяніемъ*, пользуясь, какъ въ предшествующихъ опытахъ электроскопами, возможно сильнѣе (въ видахъ наглядности) наэлектризованнымъ тѣломъ, уединенными проводниками, каковы, напр., закругленный кусокъ металла, деревянная палочка или линейка, яйцо, разные плоды, помещенныя на изолирующей подставкѣ, напр.,

на сухомъ и тепломъ стеклѣ, на сургучныхъ палочкахъ и т. п. Наконецъ, намъ нуженъ для этого и уже извѣстный намъ простенькій снарядъ, именно *пробная пластинка*; послѣднюю получимъ, насадивъ металлическій кружочекъ D, изъ мишуры, цинка (или даже олова, вырѣзаннаго изъ листа, въ какой завертывается шоколадъ) на заостренный конецъ сургучной палочки C (фиг. 216).

Илилише повторять, что присутствіе электричества на какомъ-либо тѣлѣ обнаруживается въ движеніи сообщаемомъ имъ вблизи расположеннымъ легкимъ тѣломъ. То пространство, на которомъ проявляется дѣйствіе наэлектризованнаго тѣла, въ которомъ, — возьмемъ частный случай, — должно быть заключено легкое тѣло для того чтобъ оно притягивалось, называется *электрическимъ полемъ*; оно соответствуетъ *магнитному полю*, о которомъ было говорено ранѣе\*). Что случится съ изолированнымъ проводникомъ, частью или вполнѣ введеннымъ въ поле наэлектризованнаго тѣла? Это одна изъ главныхъ сторонъ *вопроса объ электрическомъ вліяніи*, въ разрѣшенію котораго путемъ опыта мы сейчасъ приступимъ.

Въ видахъ наглядности, наэлектризуемъ положительно какое-нибудь тѣло

\*) Во II гл. 1-ой кн.

А и вообразимъ, что поле его ограничивается поверхностью  $SS$  (фиг. 216). Съ другой стороны, возьмемъ нейтральный проводникъ, изолированный отъ земли сургучной палочкой  $C$ , и на оба конца его надѣнемъ по лѣняному или пеньковому) колечку  $o, o'$ , къ которымъ подвѣсимъ легкія тѣла, напр., бумажные шарики. Помощью шелковыхъ ниточекъ  $f, f'$  эти колечки можно передвигать по проводнику, не опасаясь сообщить его съ землей. Наконецъ, положимъ, что у насъ имѣется пробная пластинка, а также электроскопъ, въ которомъ подвижная часть, — соломенка или бумажный шарикъ, — наэлектризована положительно.

Пока проводникъ  $B$  находится отъ поля тѣла  $A$ , онъ остается *нейтральнымъ*. Напротивъ, будучи приближенъ къ  $A$  настолько, чтобы нѣкоторая часть его *проникала въ поле*, онъ тотчасъ же наэлектризовывается: это видно изъ того, что онъ пріобрѣтаетъ способность притягивать легкія тѣла, а также изъ того, что ша-



Фиг. 216.—Электризованіе *вліяніємъ*. —  $DC$ —пробная пластинка.

рики  $n$  и  $n$ , а также  $n'$  и  $n'$  электрическихъ маятниковъ удаляются одинъ отъ другого, расходятся. Мы знаемъ, что они обладаютъ одноименнымъ электричествомъ, полученнымъ ими, чрезъ посредство поддерживающихъ ихъ проводящихъ нитей, отъ проводника  $B$ . Далѣе мы убѣждаемся въ томъ, что, какъ и слѣдовало ожидать, шарики  $n, n$ , находящіеся въ полѣ тѣла  $A$ , притягиваются послѣднимъ въ то самое время, какъ они другъ отъ друга отталкиваются. Перемѣщая помощью шелковыхъ нитей  $f, f'$  на проводникѣ колечки  $o, o'$ , замѣчаемъ, что *расхождение шариковъ тѣмъ больше, чѣмъ они ближе къ концамъ проводника*, и что существуетъ промежуточная область, остающаяся *нейтральной*, т. е. такая въ которой шарики не расходятся. Это — *нейтральная область*, или *нейтральная линія* наэлектризованнаго проводника.

Въ этомъ случаѣ говорятъ, что тѣло  $B$ , электризуется *вліяніємъ* тѣла  $A$ , вслѣдствіе чего тѣло  $A$  называютъ *вліющимъ* или *наводящимъ* а  $B$ —*вліемымъ*, или *наводимымъ*.



Въ описанномъ явленіи *нейтральная область раздѣляетъ два противоположныя по знаку электричества, изъ которыхъ ближайшее къ А отрицательно, а другое—положительно.* Этотъ фактъ, обнаруженный Эпинусомъ около 1758 г. и уже знакомый намъ изъ электризованія треніемъ, нетрудно доказать. Дотронемся до конца о проводника *пробной пластинкой* DC; последняя наэлектризуется прикосновеніемъ, причемъ она получитъ зарядъ того же наименованія, какъ на испытуемой части. Если теперь заряженную такимъ образомъ пробную пластинку поднесемъ къ соломкѣ электроскопа, предварительно наэлектризованной положительно, то получимъ отталкиваніе; отсюда ясно, что пробная пластинка, а слѣдовательно и точка о, наэлектризованы положительно. Напротивъ, испытывая точку о' другой области, обнаружимъ притяженіе. Такимъ образомъ, влѣво отъ нейтральной линіи проводникъ наэлектризованъ положительно, а вправо—отрицательно.

Слѣдуетъ замѣтить, что притяженіе и отталкиваніе соломки пробной пластинкой тѣмъ сильнѣе, чѣмъ ближе къ концамъ проводника испытуемая точка. Это объясняется особеннымъ *распределеніемъ* электричества на проводникѣ, именно возрастаніемъ какъ положительнаго, такъ и отрицательнаго заряда отъ нейтральной линіи до концовъ проводника—его положительнаго и отрицательнаго полюсовъ. Если повторять эти опыты, все болѣе и болѣе приближая проводникъ В къ А, то характеръ явленія не измѣняется: только сила электризованія будетъ все болѣе и болѣе возрастать и нейтральная линія перемѣщаться къ концу, ближайшему отъ А.

Удаливъ В настолько, чтобъ оно вышло изъ поля тѣла А, увидимъ, что всѣ шарикъ тотчасъ же сойдутся къ своимъ парамъ—проводникъ вновь сдѣлается нейтральнымъ. На немъ теперь уже нельзя обнаружить ни положительнаго ни отрицательнаго электричества, его состояніе совершенно такое же, какимъ оно было до введенія тѣла въ поле. Этотъ фактъ выражаютъ, говоря, что возбужденныя тѣломъ А два заряда, два электричества совершенно равновѣсны, эквивалентны и нейтрализуютъ другъ друга, т. е. исчезаютъ, какъ скоро ихъ перестаетъ раздѣлять одно отъ другого наэлектризованное тѣло А. Такую же эквивалентность мы видѣли ранѣе, въ случаѣ электризованія треніемъ.

Что случится, если къ проводнику В въ то время, когда онъ находится подъ вліяніемъ наэлектризованнаго тѣла А, мы дотронемся въ какой-нибудь точкѣ такъ, что приведемъ его въ сообщеніе съ землею?—Тогда произойдетъ то, что электричество, одноименное съ электричествомъ вліяющаго тѣла А,—въ нашемъ случаѣ, положительное,—исчезнетъ: это сейчасъ обнаружится тѣмъ, что шарикъ *n', n'* сойдутся въ тотъ самый моментъ, когда палецъ коснется проводника,—безразлично, въ области о или о'. Наоборотъ, отрицательное электричество при этомъ останется на проводникѣ, и если, *по отнятіи пальца*, тѣло А удалить, то проводникъ В окажется весь *наэлектризованнымъ отрицательно*. Такимъ образомъ, можно будетъ воспользоваться послѣднимъ для возбужденія электричества въ какомъ-нибудь другомъ проводникѣ по способу, сходному съ только что изложеннымъ.

При достаточномъ приближеніи *удвоеннаго* вліяемаго тѣла В къ положительно наэлектризованному наводящему тѣлу А, между обоими тѣлами пробѣгаетъ искра, послѣ чего наводящее тѣло оказывается лишь слабо заряженнымъ, а *все вліяемое тѣло В—заряженнымъ положительно*. Въ томъ случаѣ, если при прохожденіи искры между А и В послѣднее находится въ соединеніи съ землею, оба тѣла или совершенно разрядятся при искрѣ, или сохранятъ послѣ нея лишь незначительное количество электричества.

Разумѣется, что вліяніе происходитъ и между двумя сближаемыми наэлектризованными проводниками, испытывая сложныя измѣненія въ зависимости отъ разстоянія и формы проводниковъ.

Электризованіе черезъ вліяніе всегда предшествоуетъ притяженію и отталкиванію, появленію искры, *дѣйствию острѣе* и т. д. Возьмемъ примѣръ. Наэлектризованное тѣло М (*фиг.* 217) должно быть *приближено* къ бузинному шару

А В для того, чтобы последний пришелъ въ движеніе, приче́мъ этотъ шарикъ перемѣщается лишь по вступленіи въ поле наэлектризованнаго тѣла. Но тогда шарикъ, какъ это явствуетъ изъ предыдущаго, долженъ зарядиться черезъ вліяніе. Если при этомъ нить, на которой онъ виситъ, а также тѣло, удерживающее нить сдѣланы изъ проводящаго вещества (т. е., если шарикъ соединенъ съ землей), то на шарикѣ имѣется зарядъ, по знаку противоположный тому, какой имѣетъ вліяющее тѣло; отсюда—притяженіе шарика; если же нить будетъ изолирующею то на шарикѣ получаются оба электричества, но притяженіе въ этомъ случаѣ возьмется перевѣсъ надъ отталкиваніемъ вслѣдствіе того, что ближайшимъ къ вліяющему тѣлу будетъ электричество противоположнаго наименованія. Словомъ, электрическія явленія происходятъ лишь между тѣлами наэлектризованными, находящимися въ *электрическомъ полѣ*. Въ такомъ полѣ тѣло никогда не бываетъ нейтральнымъ.

Опытамъ притяженія и отталкиванія придаютъ различныя формы. Когда бузинный шарикъ, который предположимъ подвѣшеннымъ на изолирующей нити, при соприкосновеніи съ притягивающимъ его наэлектризованнымъ тѣломъ получаетъ одинаковый съ послѣднимъ зарядъ, онъ отталкивается; но если, двигаясь вслѣдствіе отталкиванія, этотъ шарикъ будетъ встрѣчать на пути какой-нибудь проводникъ, соединенный съ землею, то онъ станетъ разряжаться, но вслѣдъ затѣмъ вновь наэлектризовывается черезъ вліяніе, а потому снова притягивается, и тотчасъ же послѣ этого отталкивается, и т. д. Такимъ образомъ, шарикъ двигается взадъ и впередъ между обоями тѣлами до тѣхъ поръ, пока наэлектризованное не разрядится; такой разрядъ, совершающійся путемъ ряда послѣдовательныхъ прикосновеній, называется *переноснымъ*. Если, вмѣсто бузиннаго шарика, возьмемъ зачерненный кусокъ пробки съ приделанными къ нему кусочками проволоки, напоминающій въ этомъ видѣ фигуру паука, то получимъ видоизмѣненіе того же опыта, известное подъ названіемъ *Франклинова паука* (фигура 17-го опыта). Если шарикъ металлическій, а проводниками служить два колокольчика, то опытъ называется *электрическимъ звономъ* (фиг. 218). На томъ же основаніи уже знакомая намъ *палка каторжанковъ* (фигура 8-го опыта).

Если между наводящимъ и наводимымъ тѣлами помѣстить кусокъ стекла или ябонита, то вліяніе отъ этого не уничтожается, а лишь болѣе или менѣе измѣняется, смотря по природѣ раздѣляющаго вещества: въ случаѣ твердыхъ тѣлъ оно, какъ показывалъ Фарадей, больше, нежели въ случаѣ воздуха.

Ранѣе мы познакомились со способами электризованія тѣлъ какъ треніемъ, такъ и съ помощью наэлектризованнаго тѣла—прямымъ прикосновеніемъ и проведеніемъ. Теперь вліяніе даетъ намъ средство дѣйствовать на равстоянші, сквозь изоляторы, сообщать данному тѣлу электричество, одинаковое съ наводящимъ тѣломъ или противоположнаго наименованія, смотря по тому употребляется ли способъ *истры*, или способъ *сообщенія съ землею*.

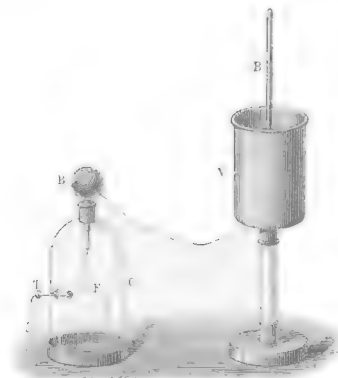
Укажемъ еще на одинъ замѣчательный случай вліянія. Вліяющее тѣло, уединенное посредствомъ ручки В' (фиг. 219) вносится въ полный проводникъ V, установленный на изолирующей подставкѣ. Этотъ проводникъ помощью проволоки соединяется съ латуннымъ шарикомъ электроскопа, подвижные листочки котораго находятся въ F. Внесенное тѣло заряжаетъ черезъ вліяніе сосудъ V; если онъ наэлектризованъ положительно, то внутренняя поверхность сосуда получаетъ отрицательный, а внѣшняя—положительный зарядъ; при этомъ уголь, образуемый листочками электроскопа остается неизмѣненнымъ, каково бы ни было



Фиг. 217.

Фиг. 218.  
Электрический звонок.

положеніе вліяющаго тѣла внутри сосуда V. Въ ранѣе же описанномъ случаѣ, гдѣ вліяющее и вліяемое тѣла не входятъ одно въ другое, зарядъ напротивъ, зависитъ отъ равстоянія между ними, отъ ихъ относительнаго положенія, причемъ въ случаѣ присутствія на вліяемомъ тѣлѣ углубленій, электричество никогда не располагается въ послѣднихъ, а распределяется исключительно на вѣншей поверхности проводника. Когда вынемъ изъ сосуда вліяющее тѣло, листочки F придутъ въ соприкосновеніе, сосудъ V возвратится въ нейтральное состояніе; слѣдовательно, оба возбужденные вліаніемъ, противоположные заряды и въ этомъ случаѣ оказываются эквивалентными. Если, прежде чѣмъ вынуть вліяющее тѣло, приведемъ его въ соприкосновеніе съ сосудомъ V, то отклоненіе листочковъ не намѣнится, но какъ вліяющее тѣло, такъ и внутренняя поверхность сосуда V при этомъ разрядятся; отсюда слѣдуетъ, что положительному заряду вліяющаго тѣла эквивалентенъ отрицательный зарядъ, развиваемый на сосудѣ его присутствіемъ. На вѣншей поверхности сосуда, послѣ такого прикосновенія, останется зарядъ, равный тому, какой имѣло вліяющее тѣло до прикосновенія. Привода подобнымъ же образомъ въ соприкосновеніе съ сосудомъ V нѣсколько наэлектризованныхъ проводниковъ, одновременно или одинъ за другимъ внесенные въ сосудъ, заставимъ ихъ заряды дѣликомъ перейти на вѣншую поверхность, на которой въ результатѣ получится зарядъ, зависящій отъ анаковъ электричествъ на внесенныхъ проводникахъ.



Фиг. 219.—Вліаніе на полый проводникъ.—  
Электрическій экранъ.

Если сосудъ, внутри котораго помѣщены наэлектризованные проводники сообщается съ землею, то эти проводники не оказываютъ никакого дѣйствія на вѣншіе проводники, находящіеся вблизи сосуда; если послѣдніе, до внесенія въ сосудъ наэлектризованныхъ тѣлъ, находились въ нейтральномъ состояніи, то и теперь состояніе ихъ такое же, какъ то показываетъ электроскопъ. *Скозь сосудъ въ этомъ случаѣ вліанія не происходитъ*: сосудъ вѣдь образуетъ, что называется, *электрическій экранъ*. Все это факты, имѣющіе большую важность.

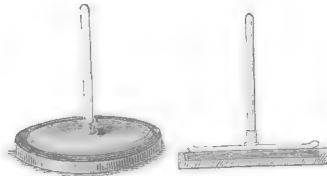
Тѣ снаряды, которые имѣютъ своимъ назначеніемъ — легко производить большія количества электричества благодаря единственному вліанію, безъ напрасной траты работы на преодоленіе тренія, носятъ названіе *электрическихъ машинъ съ вліаніемъ*. Мы опишемъ наиболѣе употребительныя изъ нихъ.

Простенькую и легко осуществимую машину съ вліаніемъ представляетъ собой электрофоръ Вольты (фиг. 220). Аналогичный приборъ изобрѣтенъ и Уильямъ въ 1762 году.

Такъ какъ при помощи электрофора можно произвести большую часть опытовъ, то необходимо уметь устроить его. Это, впрочемъ, весьма просто. Въ круглую и плоскую металлическую форму, напр., въ крышку широкаго жестянаго ящика, выливаютъ слой какого нибудь изолирующаго, предварительно расплавленнаго вещества. Въ качествѣ такого вещества можно взять древесную смолу, съ небольшою примѣсью бургундской и скипидара, для того, чтобы получилась не слишкомъ зернистая смоляная поверхность. Если нѣтъ смолы, можно вылить въ форму сургуча. Но лучше всего — просто кругъ изъ твердаго каучука, или эбонита. Съ другой стороны, деревянный кругъ, нѣсколько меньшаго діаметра чѣмъ первый, покрываютъ слоемъ олова и снабжаютъ изолирующей ру-

контакткой. Въ другомъ мѣстѣ мы указываемъ весьма упрощенное устройство электрофора (см. фигуру 5-го опыта).

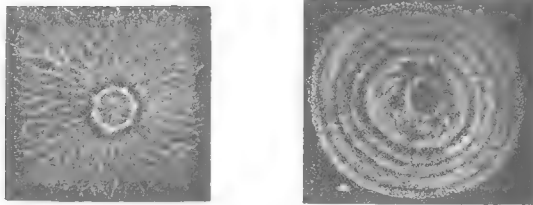
Для того, чтобы воспользоваться электрофоромъ, смоляной кругъ предварительно наэлектризовываютъ, ударяя его кошачьимъ мѣхомъ: при этомъ онъ заряжается отрицательно; потомъ на него кладутъ кругъ съ металлическою поверхностью и дотронувшись до послѣдняго пальцемъ, поднимаютъ его за *изолирующую рукоятку*. Тогда онъ оказывается наэлектризованнымъ положительно. Поднося къ нему палецъ, можно извлекать искры, достигающія 2 дюймовъ длины. Лихтенбергъ устроилъ *электрофоръ*, у котораго смоляной кругъ имѣлъ 6, а металлическій—5 фут. въ диаметръ и который давалъ искры въ 14—16 поперечныхъ пальцевъ. Замѣчательно то, что, разрядивъ металлическій кругъ, стоитъ



Фиг. 220. — Электрофоръ Вольта. — Тотъ же приборъ въ разрѣзѣ.

только вновь положить его на смоляной и поступить по предъидущему для того, чтобы онъ опять наэлектризовался, и это можно повторять много разъ. Болѣе того: разъ наэлектризованный, смоляной кругъ, покрытый металлическимъ и содержащийся въ сухомъ мѣстѣ, годится и по прошествіи многихъ недѣль и даже мѣсяцевъ, такъ что тогда нѣтъ надобности вновь прибѣгать къ кошачьему мѣху. По этой причинѣ Вольта назвалъ свой снарядъ „*стичнымъ электрофоромъ*“.

Вообще, какъ мы видѣли до сихъ поръ, при слишкомъ большомъ прибли-

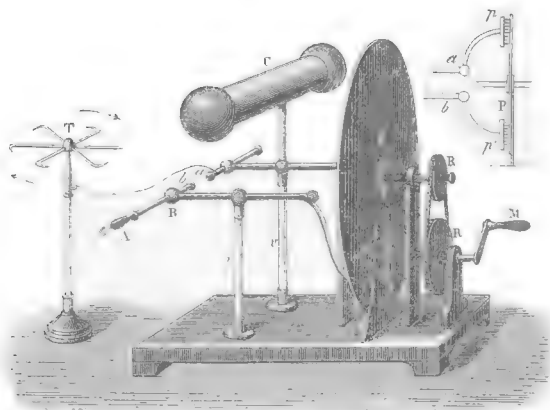


Фиг. 221. — Лихтенберговы фигуры.

женіи изолированнаго вліяемаго тѣла къ вліяющему между обоими тѣлами пробѣгаетъ искра и на вліяемомъ тѣлѣ остается, лишь электричество, однороднось варадомъ наводящаго тѣла. Электрофоръ же показываетъ, что въ томъ случаѣ, когда наводящее тѣло изоляторъ, а вліяемое—кругъ безъ угловъ и острійевъ, то дѣло происходитъ иначе: оба тѣла можно сближать до соприкосновенія безъ того, чтобы между ними появилась какая-нибудь видимая искра. В

безъ потери наличныхъ электричествъ. Напротивъ, если къ смолянному кругу приблизить какое-нибудь угловатое тѣло, палецъ, напр., то появится искра, причемъ, страннымъ и неожиданнымъ образомъ, то мѣсто на смолянномъ кругѣ, къ которому мы дотронулись пальцемъ, электризуется положительно и оказывается окруженнымъ нейтральнымъ пояскомъ.

Это легко показать на слѣдующемъ красивомъ опытѣ. Смоляной кругъ помощью небольшого раздувальнаго мѣха осыпаютъ смѣсью сѣрнаго цвѣта и сурьки; при этомъ частицы вслѣдствіе тренія другъ о друга и о трубку мѣха электризуются—сѣра отрицательно, а сурька положительно. Сѣра, заряженная отрицательно, притягивается положительной областью смолянаго круга, которая окрашивается пристающими частицами въ желтый цвѣтъ; напротивъ красныя частицы сурьки, наэлектризованныя положительно, ложатся на отрицательную область. Между желтою и красною частями круга остается промежутокъ, непокрытый порошкомъ, благодаря тому, что здѣсь лежитъ упомянутый нейтральный



Фиг. 222. — Машина Берча. — Г—электрическое колесо.

поясокъ. Получаемыя такимъ образомъ фигуры, извѣстныя подъ названіемъ *Лихтенберговыхъ*, представляютъ въ самыхъ разнообразныхъ формахъ (фиг. 221) Онѣ красивѣе, когда производить искру, приближая къ краю смолянаго круга наэлектризованный металлическій кругъ. Если непосредственно за зарядіемъ металлическаго круга осыпать наэлектризованными частицами смоляной кругъ, то на немъ появится безчисленное множество желтыхъ точекъ, окруженныхъ непостояннымъ числомъ лучей. Мѣстами, особенно близъ краевъ, эти звѣздочки имѣютъ большіе размѣры. Лихтенбергъ, изучившій эти фигуры помощью смолянаго круга и различныхъ веществъ въ порошокъ, уподобляетъ ихъ, въ своемъ восторженномъ описаніи, небесному своду, усыпанному звѣздами и озаряемому множествомъ солнцъ.

Явленіе это объясняется тѣмъ, что поверхности металлическаго и смолянаго круговъ не совершенно гладкія, и тамъ, гдѣ онѣ соприкасаются, происходятъ весьма малыя искры, благодаря которымъ и появляются указанныя фигуры. Съ производствомъ этого опыта нужно спѣшить, потому что вскорѣ отрицательное электричество распределяется по всей поверхности смолянаго круга.

Приведенных наблюдений достаточно для того, чтобы показать всю сложность явления влияния в том случае, когда влияющим телом служить изолятор.

Наэлектризовать металлический круг электрофа, мы можем затем при помощи его наэлектризовать какой-нибудь другой проводник по одному из известных нам способов, по способу прикосновения, проведения или искры, но нужный для этого прием достаточно утомителен. Нельзя ли в таком случае заменить его другим, который, представляя больше удобства, в то же время давал бы возможность достигать сильного электризования. Сейчас мы увидим, каким образом эта задача многообразно разрешается с помощью машины с влиянием собственно. Скажем сперва несколько слов о машинѣ швейцарскаго физика Берча. Она состоит из эбонитоваго \*) круга  $P$  (фиг. 222), который может приводится в быстрое вращательное движение при помощи рукоятки  $M$  и двух колес  $R$  и  $R'$ , благодаря тому, что диаметр у колеса  $R'$ , надетого на одну ось съ кругомъ, гораздо меньше диаметра колеса  $R$ , вращаемаго непосредственно посредствомъ рукоятки. Колеса соединяются безконечнымъ ремнемъ. Указанный способ получения быстрого вращения круга встрѣчается въ большей части машинъ съ влияниемъ. Впереди периферическихъ частей круга, по вертикальному диаметру, расположены два металлическихъ гребня  $p$ ,  $p'$ , соединяющихся съ шариками  $a$ ,  $b$ , носящими название *полосовъ машинъ*, посредствомъ проводниковъ  $r$ ,  $a$ ,  $p'$ ,  $b$ , уединенныхъ на стеклянныхъ поставкахъ  $v$ ,  $v$ . Какъ разъ противъ нижняго гребня  $p'$  за кругомъ  $P$  находится вертикальная эбонитовая пластинка  $I$ , называемая *индукторомъ* (наводящей частью), или *производителемъ* машины.

Напомнимъ здѣсь, что ранѣе Берча такую же точно машину устроилъ изобрѣтательный французъ Пишъ. Единственное отличие машины Пиша въ томъ, что въ ней кругъ  $P$  картонный, а не эбонитовый.

Дѣйствие описанной машины чрезвычайно просто. Прежде всего, машинѣ сообщаютъ *первоначальный зарядъ*, натравя или ударяя производитель  $I$  кошачьимъ мѣхомъ или шерстяной матеріей. Этотъ зарядъ—*отрицательный*. Тогда производитель начинаетъ дѣйствовать черезъ влияние на кондукторъ  $p'$  въ скозъ кругъ  $P$ , причемъ *электричество, одноименное съ зарядомъ производителя, т.-е. отрицательное, стремится перенестись какъ можно далѣе отъ производителя и потому собирается на  $b$ , а положительное, напротивъ, является въ  $p'$ , т.-е. на ближайшей къ производителю части*. Благодаря *свойству острѣе*, это положительное электричество стекаетъ на кругъ  $R$  и остается на немъ противъ  $p'$ , т.-е. противъ того мѣста, гдѣ оно явилось, такъ какъ эбонитъ—изолирующее вещество. Но при вращении круга, этотъ положительно наэлектризованный участокъ его поверхности вскорѣ становится напротивъ кондуктора  $r$  и наэлектризовываетъ его черезъ влияние; при этомъ электричество, однородное съ зарядомъ влияющаго круга,—въ настоящемъ случаѣ положительное,—получается на наиболее удаленной части  $a$  кондуктора, а отрицательное, напротивъ, появляется около круга на гребенкѣ  $p$ . Затѣмъ это послѣднее, благодаря тому же свойству острѣе, переходитъ на кругъ  $R$  и уничтожаетъ дѣйствие полученнаго имъ ранѣе положительнаго заряда. Такимъ образомъ часть круга, проходящая предъ гребнемъ  $p$  приводится въ нейтральное, естественное состояние. Вотъ что происходитъ при одномъ поворотѣ круга. Но когда, вслѣдъ за тѣмъ, этотъ нейтральный участокъ опять будетъ проходить между кондукторомъ  $I$  и гребнемъ  $p'$ , тотъ же рядъ явленій начнется вновь. Это будетъ повторяться до тѣхъ, пока кругъ не остановится.

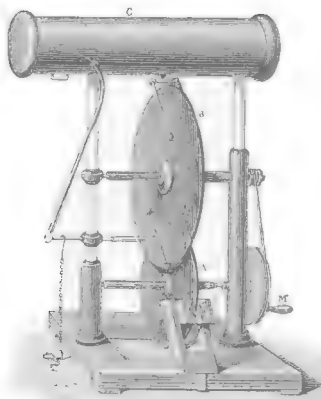
Если полюсы  $a$  и  $b$  находятся одинъ отъ другого въ надлежащемъ разстояніи, то между ними чрезъ правильные промежутки времени и непрерывно бу-

\*) *Эбонитъ* есть твердый или такъ называемый «вулканизированный» каучукъ, на 100 частей содержащий 60 частей серы. Название «вулканизированный» происходитъ отъ лат. *Vulcanus* (Вулканъ)—Вулканъ (богъ огня). Вулканомъ алхимики называли сѣру.

дуть пробѣгать искры. Разстояние между полюсами можно измѣнять по произволу, передвигая въ шарѣ В помощью изолирующей рукоятки А кондукторъ А в. Этотъ подвижной кондукторъ часто называютъ *разрядникомъ* машины.

Такъ какъ индукторъ I мало-по-малу теряетъ свое электричество, то дѣйствіе машины все болѣе и болѣе ослабѣваетъ и, наконецъ, совершенно прекращается, въ тотъ моментъ, когда вполнѣ истощенный производитель уже не въ состояніи оказывать вліянія на кондукторъ  $p' d$ .

Этого неудобства, протекающаго отъ *потери* электричества, остроумно избѣгаетъ въ своей машинѣ механикъ Каррѣ, пользуясь подвижнымъ индукторомъ, именно стекляннымъ или эбонитовымъ кругомъ А (фиг. 223), который медленно вращается помощью рукоятки М между двумя подушками D и такимъ образомъ постоянно поддерживается въ наэлектризованномъ состояніи; другими словами, индукторъ въ машинѣ Каррѣ есть, въ сущности, не что иное, какъ машинка Рамсдена, но безъ кондукторовъ.



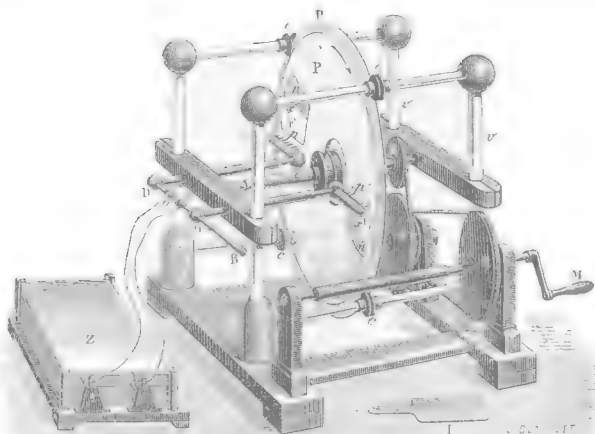
Фиг. 223. — Машина Каррѣ.

Въ томъ случаѣ, если индукторъ А—стеклянный, онъ электризуется положительно, и тогда положительнымъ полюсомъ машины служитъ шаръ кондуктора Т, а отрицательнымъ—толстый горизонтальный кондукторъ С.

Часто, какъ въ случаѣ, представленномъ на фигурѣ 223, въ В, позади круга, помѣщаютъ второй индукторъ, поддерживаемый въ наэлектризованномъ состояніи кондукторомъ С, къ которому онъ подвѣшенъ. Гребни помѣщаются въ Е и F. Искры пробѣгаютъ между Т и С.

Въ виду того, что эбонитъ представляетъ мало гигроскопическое вещество, т.-е. легко можетъ сохраняться сухимъ, машина Каррѣ обладаетъ еще и тѣмъ весьма важнымъ преимуществомъ, что можетъ дѣйствовать и въ самую сырую погоду, и въ такомъ помѣщеніи, воздухъ котораго, вслѣдствіе дыханія многочисленныхъ слушателей, насыщенъ водяными парами. Словомъ, эта машина принадлежитъ къ числу болѣе надежныхъ и болѣе пригодныхъ для опытовъ.

Теперь рассмотрим болѣе сложныя машины, построенныя ранѣе только-что описанныхъ препараторомъ одного изъ германскихъ университетовъ—Гольтцемъ. Существуетъ *несколько видовъ* такихъ машинъ. Такъ называемый *первый видъ* (фиг. 224)—машина очень деликатная и весьма чувствительная къ влажности—состоитъ изъ вертикальнаго стекляннаго круга  $P$ , покрытаго шеллачнымъ лакомъ и могущаго быстро вращаться около оси  $o$  посредствомъ рукоятки  $M$  и колесъ  $B$ ,  $B'$ ,  $R$ . Параллельно ему на весьма маломъ разстояніи расположенъ другой стеклянный кругъ  $P'$ —неподвижный, удерживаемый четырьмя перекаченными кружками  $c$ , с... укрѣпленными на горизонтальныхъ частяхъ прямоугольныхъ стоекъ  $e$ ,  $e'$ ... Неподвижный кругъ  $P'$ , диаметръ котораго больше, чѣмъ у подвижнаго, имѣетъ три отверстія: круглое и большое центральное отверстіе, пропускающее ось  $o$ , и два такъ-называемыя окошка  $F$ ,  $F'$ ,—приблизительно прямоугольныя отверстія, на концахъ одного діаметра, слегка наклоненнаго къ горизонту. Съ одной стороны каждаго окошка наклеены кусокъ бумаги. Эти полоски образуютъ такъ-



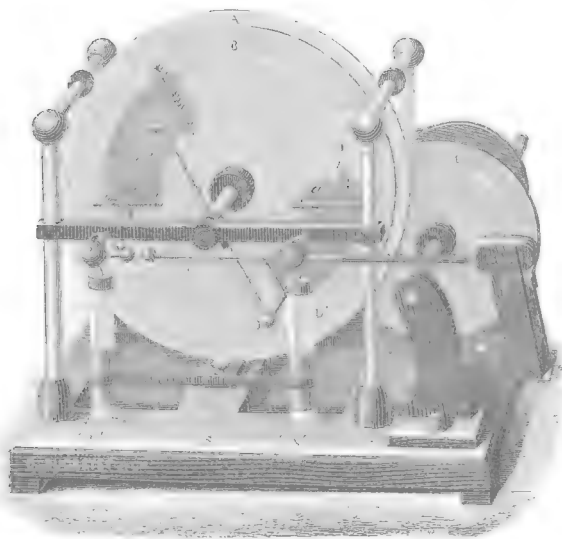
Фиг. 224.—Машина Гольтца (первый видъ), заряжающая батарею изъ плоскихъ конденсаторовъ  $Z$ . (Неподвижный кругъ  $P'$  изображенъ стоящимъ нѣсколько наискось, чтобы хорошо были видны окошки съ накладками).

называемыя *накладки*, или индукторы машины. Прямоугольная часть  $n$  накладки называется *основаніемъ*, а относительно заостренная  $x$ —*язычкомъ*. Основаніе накладки, соотвѣтствующей окошку  $F$ , наклеена по верхнему краю послѣдняго такимъ образомъ, что язычекъ свѣшивается во внутрь вырѣзки, подходя почти вплотную къ подвижному кругу. Основаніе другой накладки, наклеено по нижнему краю окошка  $F'$ , причемъ язычекъ ея, какъ у первой, также свѣшивается во внутрь вырѣзки. Накладки расположены симметрично одна другой по отношенію къ центру круга. Вращеніе круга производится такъ, чтобы воображаемый наблюдатель, перемѣщаясь по неподвижному кругу въ направленіи движенія подвижнаго круга, *встрѣчалъ язычки обѣихъ накладокъ ранѣе, чѣмъ изъ основанія*. Какъ и въ предыдущей машинѣ, тутъ имѣются двѣ гребенки  $p$ ,  $p'$ , помѣщенные по другую сторону отъ подвижнаго круга, какъ разъ противъ накладокъ. Эти гребенки, какъ всегда, соединяются съ двумя кондукторами  $a$  и  $b$ —полюсами машины, которые можно по желанію удалять другъ отъ друга или приводить въ соприкосновеніе, передвигая въ обоихъ парахъ  $D$  и  $D'$  или только въ одномъ изъ



нихъ, напр. въ D', подвижной проводникъ B—такъ-называемый *разрядникъ*, снабженный изолирующей рукояткой B.

Для того, чтобы привести машину въ дѣйствіе, нужно сообщить ей *первоначальный зарядъ*. Съ этой цѣлью полюсы *a* и *b* приводятъ въ соприкосновеніе, такъ что получается одинъ непрерывный кондукторъ *раб p'*. Затѣмъ вращаютъ кругъ, касаясь въ это время одной изъ накладокъ, напр., накладки окошка F, наэлектризованной эбонитовой пластинкой I. Такимъ образомъ эта накладка получаетъ отрицательный зарядъ. О томъ, что машина заряжена, судятъ по появленію особеннаго, чрезвычайно характернаго шума. Эбонитовая пластинка I, употребляемая въ качествѣ первоначальнаго индуктора, должна быть такова, чтобы ей можно было сообщать зарядъ, достаточный для извлеченія пальцемъ искорокъ длиною приблизительно въ 1 сантиметръ.



Фиг. 225.—Машина Гольца (первый видъ) съ діаметральными кондукторами DD и подвижнымъ кругомъ C.

Наилучшее дѣйствіе описанной машины Гольца достигается въ сухую и холодную погоду, при восточномъ вѣтрѣ.

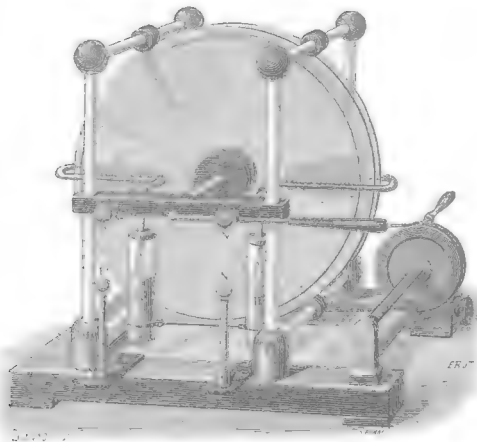
Для того, чтобы произвести первоначальное заряженіе *машины*, машину устанавливаютъ на столѣ, доска котораго снабжена широкимъ отверстіемъ, а ножки обернуты холщевымъ футляромъ. Подъ столомъ, въ печи, сожигаютъ, не производя дыма, древесный уголь, чѣмъ поддерживается сухость машины и окружающаго ее воздуха настолько, что машина дѣйствуетъ и при самыхъ неблагоприятныхъ условіяхъ.

Упомянутый ранѣ шумъ происходитъ отъ истеченія *электричества* изъ гребенокъ *p* и *p'* и язычковъ накладокъ Fи F'. Если эбонитовую пластинку касаются накладки F, то въ темнотѣ на концахъ остріевъ отрицательнаго гребня *p'* и накладки F видны блестящія точки, звѣздочки. Съ положительнаго же гребня *p* въ это время стекаетъ на подвижной кругъ, по направленію, обратному движенію круга, свѣтящійся слой; язычекъ накладки F имѣетъ при этомъ поло-

жительный заряд и въ свою очередь испускаетъ на подвижной кругъ свѣтящуюся линію. Если, продолжая вращать кругъ, полосы  $a$  и  $b$  раздвигаютъ, такъ что соприкосновение между ними исчезаетъ, то изъ одного кондуктора  $a b p'$  образуются два отдѣльныхъ изолированныхъ кондуктора  $p a$  и  $p' b$ , между которыми, отъ  $a$  до  $b$ , пробѣгаютъ искры въ формѣ параллельныхъ, изображающихъ кисть, голубоватыхъ линій. Если, какъ мы предположили выше, эбонитовою пластинкой коснулись накладки  $F$ , то  $a$  будетъ положительнымъ, а  $b$  — отрицательнымъ полюсомъ машины. Благодаря совершенной симметричности этой машины, полюсы оказались бы какъ разъ на противоположныхъ мѣстахъ, если бы первоначально дотронулись названной пластинкой до накладки  $F'$ .

Теперь постараемся отдать себѣ отчетъ въ дѣйствіи машины.

Вслѣдствіе вліянія отрицательно наэлектризованной накладки  $F$  сквозь подвижной кругъ на кондукторъ  $a b p'$ , на ближайшей къ этой отрицательной накладкѣ части  $p$  кондуктора развивается положительное электричество, между тѣмъ какъ на наиболѣе удаленной части  $p'$  является отрицательное. Благодаря



Фиг. 226. — Машина Гольца о четырехъ кругахъ.

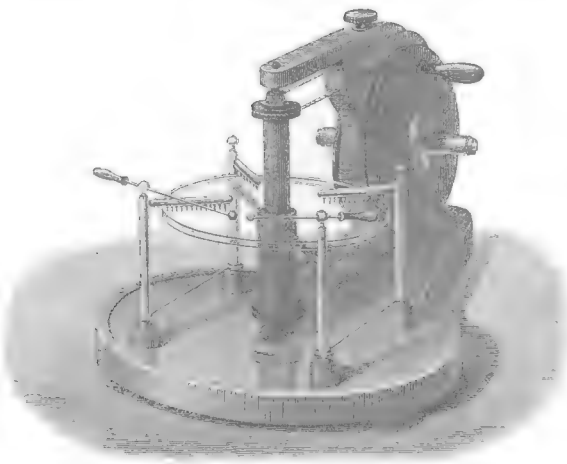
$F$  и  $N$  — полюсы машинъ.  $K$  и  $H$  — лейденскія банки.  $P'$  и  $N'$  — кондукторы, двигающіеся въ пазахъ и могущіе быть приведенными въ соприкосновение съ  $P$  и  $N$  въ случаѣ надобности пропустить токъ по проволоцѣ, концы которой вложены въ отверстія въ нижней части  $P'$  и  $N'$ .

свойству остриевъ, какъ положительное электричество съ гребня  $p$ , такъ и отрицательное съ  $p'$  одновременно переходить на соответствующія обращенныя къ нимъ части подвижного круга. Послѣ одного полуоборота одна половина периферической части поверхности круга  $P$ , именно — проходившая предъ гребнемъ  $p$ , окажется наэлектризованною положительно, а другая, — проходившая мимо гребня  $p'$ , напротивъ, будетъ заряжена отрицательно. Тогда основаніе накладки  $F$ , будучи обращено къ отрицательной области подвижного круга, заряжается положительно, между тѣмъ какъ язычекъ  $e$ , находящійся противъ положительной области того же круга, въ то же самое время *получаетъ отрицательный зарядъ*. По той же причинѣ накладка  $F'$  не остается нейтральною, какою она была первоначально, а заряжается отрицательно въ своемъ основаніи, причемъ язычекъ *электризуется положительно*. Электричества обохъ язычковъ переходятъ на проходящія мимо нихъ, въ теченіе одного оборота, соответствующія половины другой стороны

подвижного круга Р. Въ результатѣ, периферическая часть круга оказывается наэлектризованною положительно съ обѣихъ сторонъ въ верхней своей половинѣ и отрицательно—въ нижней.

Если теперь сообщить кругу вращательное движеніе въ обратную сторону, т.-е. *наострину основаніямъ накладокъ*, а не язычкамъ, то электричества накладокъ стремятся перейти на кругъ, вслѣдствіе чего накладки послѣ нѣсколькихъ оборотовъ приходятъ въ нейтральное состояніе, и дѣйствіе машины прекращается, какъ бы хорошо она ни была заряжена въ тотъ моментъ, когда началось вращеніе круга Р въ обратную сторону.

Если по зарядженіи машины раздвинуть полюсы *a* и *b*, до тѣхъ поръ соприкасавшіеся между собою, то произойдетъ совершенно то же, о чемъ мы говорили при описаніи болѣе простой машины Карре: искры пробѣгаютъ между



Фиг. 227.—Машина Гольца (второй видъ).

*a* и *b* въ тѣ моменты, когда разность потенциаловъ обѣихъ полюсовъ достигаетъ соотвѣтствующей величины, т.-е. черезъ правильные промежутки времени, въ случаѣ равномернаго вращенія машины.

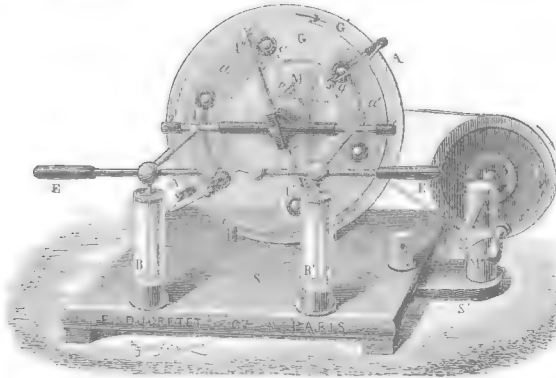
Мы не будемъ останавливаться на всѣхъ замѣчательныхъ особенностяхъ описываемой машины Гольца, еще не вполне разъясненныхъ учеными.

Замѣтимъ, однако-же, что если разстояніе между полюсами *a* и *b* становится слишкомъ большимъ для того, чтобы между ними могли происходить искры, машина часто разряжается и дѣйствіе ея прекращается; иногда при этомъ полюсы мѣняются мѣстами,—происходитъ извращеніе полюсовъ. Указанное неудобство можно устранить, снабжая машину (фиг. 226) *діаметральнымъ кондукторомъ DD*, который, играя постоянно ту же роль, какую игралъ кондукторъ *p a b p'* во время предварительнаго зарядженія, поддерживаетъ нормальное дѣйствіе машины, не взирая на удаленіе другъ отъ друга полюсовъ. Тутъ основанія накладокъ *F* и *F'* простираются почти на четверть окружности. Противъ нихъ помѣщается діаметральный проводникъ *DD*, устанавливаемый подъ большимъ или меньшимъ угломъ къ горизонту.

На фигурѣ 225 представлено измѣненіе, введенное механикомъ Дюкретѣ. Последний замѣнилъ эбонитовую пластинку, играющую роль первоначальнаго

индуктора, стекляннымъ кругомъ С, который предварительно электризуется трениемъ о пару подушекъ, затѣмъ, проходя мимо накладки а, сообщаетъ ей положительный зарядъ.

Поттендорфу\*) первому пришла мысль составить двойную машину Гольца, но съ двумя только полюсами, путемъ соединенія четырехъ круговъ. Механикъ Румкорфъ придалъ этой двойной машинѣ слѣдующее расположеніе. Оба неподвижные круга, снабженные накладками, расположены одинъ впереди другого между двумя подвижными кругами. Вся система круговъ обхватывается по бокамъ парой подковообразныхъ гребенокъ. Полюсы машины находятся въ Р и N (см. 226). Эта машина заряжается и дѣйствуетъ подобно предшественницѣ. Хотя у нея нѣтъ диаметральныхъ кондукторовъ, однако-же она или не разряжается вовсе, или разряжается лишь въ рѣдкихъ случаяхъ, каково бы ни было расстояние между полюсами,—фактъ, трудно поддающійся объясненію. Кромѣ того, первоначальный зарядъ ея можетъ долго сохраняться, хотя бы машина и не дѣйствовала вовсе.



Фиг. 228.—Машина Фосса.

G'—неподвижный кругъ. G—подвижный кругъ. I'' I'''—диаметральныя кондукторы. I, I'—оловянныя полюсы. а, а'—индукторы. g, g'—металлическія облатки. М, М'—стойки. с, с' е' е'—подпорки круга G'. К—отверстіе въ неподвижномъ кругѣ для прохожденія оси. А А'—диаметральныя кондукторы съ металлическими щеточками. Е, Е'—стержни разрядника. В, В'—лейденскія банки. S—основаніе машины. Т—одинъ изъ борновъ (столбиковъ) для соединенія съ проволоками; второй не виденъ въ банкѣ В. Р—кругъ, при вращеніи котораго вращается и соединенный съ нимъ кругъ G.

Не входя въ подробности, укажемъ еще на *второй видъ машины Гольца*. Эта машина состоитъ изъ двухъ горизонтальныхъ круговъ, вращающихся въ противоположныя стороны и не имѣющихъ ни окошекъ, ни накладокъ. Съ обѣихъ сторонъ, по двумъ перпендикулярнымъ другъ къ другу диаметрамъ, расположены четыре гребенки, внизу попарно соединенныя прутьями. Предварительное заряженіе и тутъ производится помощью отрицательно наэлектризованной эбонитовой пластинки, подносимой, по приведеніи въ соприкосновеніе обонхъ полюсовъ, къ одной изъ гребенокъ.

Машины Фосса (1881 г.) и Уимсгорста (1885 г.) заряжаются сами собою, какъ только ихъ приводятъ во вращательное движеніе. Чтобы не умножать и безъ того большаго числа описаній занимающихъ насъ снарядовъ, мы снабдили фигуры 228 и 229, изображающія машины Фосса и Уимсгорста, достаточно по-

\*) Иоганнъ-Христіанъ Поттендорфъ, химикъ и физикъ, род. въ 1796 г., умеръ въ 1877 г.

дробными объясненіями. Дюкрете устроилъ превосходную машину Уингорста съ двѣнадцатью кругами, представляющую собою шестерную машину съ двумя только полюсами. Она весьма выдавалась на Всемирной выставкѣ 1889 г. и на выставкѣ французскаго физическаго Общества (въ апрѣлѣ 1890 г.) (см. 229).

Ясно, что потеря электричества, съ одной стороны, и разряды въ формѣ искръ, происходящія между различными частями машины, — съ другой, должны обуславливать невозможность безпредѣльнаго возрастанія заряда кондукторовъ, разности потенциаловъ, — что, напротивъ, предѣльная величина заряда должна достигаться весьма быстро. Электрескопъ Генлея Н, помѣщенный на кондукторѣ машины Рамсдена, напр., (фиг. 211), сначала все болѣе и болѣе отклоняется, но затѣмъ останавливается и съ этихъ поръ остается уже въ покой, какова бы ни была скорость вращенія круга.

Зарядъ, развиваемый машиной, при извѣстныхъ условіяхъ, въ теченіе одной секунды, называется ея *производительностью*. Чѣмъ больше послѣдняя, тѣмъ быстрѣе достигается предѣлъ заряда, тѣмъ ольшѣе *электрическій токъ*, поддерживаемый машиной въ проволоцѣ, соединяющей ея полюсы. Для приближительнаго сравненія производительности двухъ машинъ, соотвѣственные полюсы ихъ соединяютъ съ обѣими вѣтвями разрядника, дѣлая разстояніе между шарами послѣдняго равнымъ нѣсколькимъ сантиметрамъ; другими словами, обѣимъ машинамъ придаютъ одни и тѣ же полюсы. Затѣмъ послѣдовательно приводятъ ихъ въ дѣйствіе; та, которая въ данный промежутокъ времени, даетъ большее число искръ между шарами, имѣетъ болѣешую производительность, причемъ приближительное отношеніе производительностей выражается отношеніемъ чиселъ искръ даваемыхъ за такое время обѣими машинами. Этимъ путемъ можно убѣдиться, что въ машинѣ съ треніемъ производительность зависитъ почти исключительно отъ размѣровъ машины и скорости вращенія, т.-е. отъ величины поверхности, натираемой въ данное время; такъ какъ отъ увеличенія давленія подушекъ на кругъ производительность не измѣняется, а при значительномъ треніи только бесполезно тратится энергія двигателя, то понятно, что треніе должно быть доведено до минимума. Машины съ вліяніемъ, даже маленькая машина Гольца, напр., имѣютъ гораздо болѣешую производительность, нежели машины съ треніемъ, причемъ эта производительность зависитъ отъ скорости вращенія. Кромѣ того, максимальный предѣлъ заряда соотвѣтствуетъ здѣсь гораздо болѣею разности потенциаловъ у полюсовъ.

Если разностью потенциаловъ опредѣляется длина искръ, то толщина и сила послѣднихъ ею не опредѣляется. Въ случаѣ незначительной величины полюсовъ машины и соединенныхъ съ ними кондукторовъ, искры, пробѣгающія между первыми, представляются блѣдными, тонкими и сопровождаются слабымъ шумомъ. Такимъ образомъ, для полученія большихъ искръ, является необходимость въ увеличеніи кондукторовъ, ихъ емкости, что влечетъ за собой необходимость машины. Но частіаивый случай въ соединеніи съ опытомъ научить физиковъ накоплять, *сгущать*, какъ выражаются, большое количество электричества на двухъ обращенныхъ одна къ другой проводящихъ поверхностяхъ той или иной формы — плоскихъ, сферическихъ, цилиндрическихъ и т. д., имѣющихъ сравнительно небольшіе размѣры и раздѣленныхъ слоемъ изолирующаго вещества. Такой снарядъ называютъ *электрическимъ конденсаторомъ* \*).

Первый *конденсаторъ* былъ нѣволью устроенъ деканомъ Каминскаго капитула въ Помераніи, фонъ-Клейстомъ въ 1745 г. Желая наэлектризовать ртуть, заключавшуюся въ стеклянной бутылкѣ, названный предать пропускать чрезъ пробку жѣлѣзный стержень до погруженія его въ ртуть. Затѣмъ, держа бутылку въ рукѣ, привелъ стержень въ соприкосновеніе съ кондукторомъ электрической машины. Нечаянно дотронувшись послѣ этого другою рукою до того же кондуктора, Клейстъ въ то же мгновеніе почувствовалъ сильное сотрясеніе въ плечѣ и локтѣ.

\*) Конденсаторъ, отъ лат. *condensare* (конденсаре) — сжимать, сгущать.

Безъ соединенія съ бутылкой та же самая машина давала лишь совершенно ничтожныя, безболѣзненные искры. Въ настоящее время у большей части машинъ къ кондуктору постоянно привѣшиваются одна или двѣ стекляныя (фиг. 225, 226, 228, 229 и 230). Этими увеличиваютъ силу искръ, сотрасеній и т. д.

Въ слѣдующемъ — 1746 г. то же самое явленіе было замѣчено въ Лейденѣ (въ Голландіи). Проф. Мюшенбрекъ \*), полагая, что электризуемое тѣло, окруженное стеклянной оболочкой, гораздо медленнѣе теряетъ свое электричество въ воздухъ, поручилъ Кунауусу и Алламану наэлектризовать воду, налитую въ бутылку. Держа послѣднюю въ одной рукѣ, Кунауусъ другою рукой хотѣлъ удалить металлическую цѣпочку, соединявшую бутылку съ кондукторомъ машины, но въ этотъ моментъ, подобно Клейоту, почувствовалъ сильное сотрасеніе. Этотъ опытъ былъ повторенъ Мюшенбрекомъ, который, въ письмѣ къ французскому финансу Реомюру, помѣченномъ 20-мъ апрѣля 1746 г., изображаетъ его слѣдующимъ образомъ:

„Сообщу вамъ, — пишетъ онъ, — новый, но страшный опытъ, который не охоту вамъ самимъ повторять. Я занимался изслѣдованіемъ силы электричества. Съ этою цѣлью я подвѣсилъ на двухъ шелковыхъ нитяхъ желѣзную трубку, которой сообщалось электричество отъ стекляннаго шара, который при вращательномъ движеніи вкругъ своей оси натирался руками. На другомъ концѣ свободно висѣла латунная проволока, концомъ погруженная въ круглый сосудъ съ водою, который я держалъ въ правой рукѣ; другою рукой я пытался извлекать искры изъ наэлектризованной желѣзной трубки. Вдругъ моя правая рука получила такое сильное сотрасеніе, что мнѣ показалось, будто молнія меня прошибла насквозь. Сосудъ, хотя бы онъ былъ изъ тонкаго стекла, обыкновенно не разрывается при этомъ и ручная кисть этимъ сотрасеніемъ не перемищается; но вся остальная часть руки и все тѣло испытываютъ ужасный ударъ, который и не въ состояніи вамъ описать. Словомъ, я думаю, что моя смерть приходитъ.

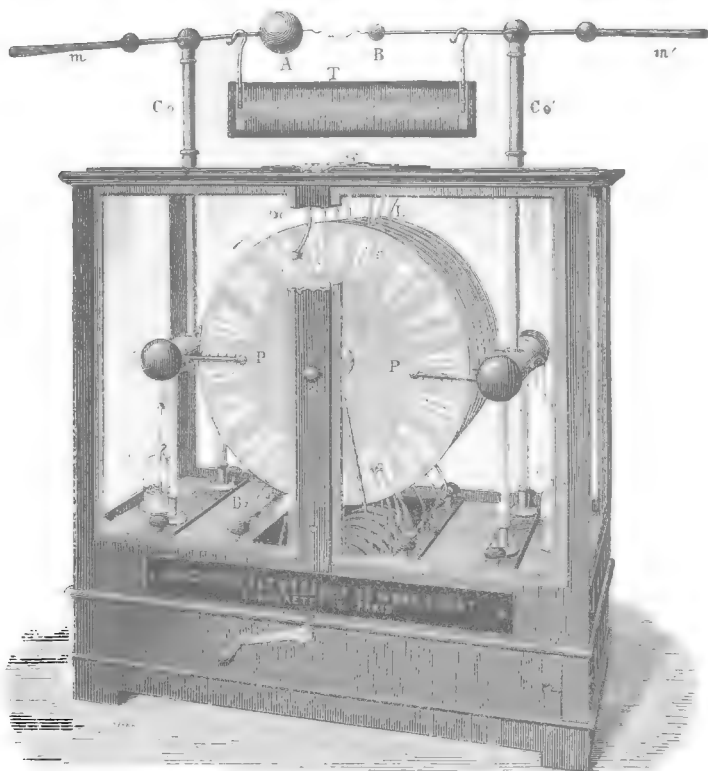
„Но вотъ что странно. Когда этотъ опытъ производятъ съ англійскимъ стекломъ, эффекта не получается вовсе или почти никакого; необходимо работать съ нѣмецкимъ стекломъ; даже голландское не годится для этой цѣли. А между тѣмъ совершенно не важно, какой формы берется сосудъ — цилиндрической, шарообразной или иной какой-нибудь; можно брать обыкновенный стаканъ — все равно большой или малый, толстый или тонкій, высокій или нѣтъ, но совершенно необходимо, чтобъ онъ былъ изъ нѣмецкаго или богемскаго стекла \*\*). Тотъ сосудъ, отъ котораго я чуть не умеръ, былъ изъ безцвѣтнаго тонкаго стекла и имѣлъ пять дюймовъ въ діаметрѣ. Лицо, производящее опытъ можетъ помѣщаться просто на полу, но обязательно, чтобы держало сосудъ и навлекало искры одно и то же лицо. Если сосудъ помѣщается на металлическую подставку, утвержденную на деревянномъ столѣ, то только прикасаясь къ этой подставкѣ одною рукой, а другою извлекая искру, также получаютъ очень значительный ударъ“.

Аббатъ Нолаѣ не испугался этого, очевидно преувеличеннаго, разсказа Мюшенбрека. Несмотря на то, что онъ повторилъ этотъ опытъ съ французскимъ стекломъ, успѣхъ получился полнѣйшій.

\*) Ванъ-Мюшенбрекъ, род. въ Лейденѣ (Голландія) въ 1692 г.; былъ докторомъ философіи и медицины; учился въ Лондонѣ у Ньютона и усвоилъ себѣ идеи послѣдняго; былъ профессоромъ опытной философіи и астрономіи въ утрехтскомъ университетѣ и членомъ академіи наукъ. Онъ пользовался такой извѣстностью, что Англія, Испанія и Данія наперерывъ приглашали его къ себѣ въ качествѣ профессора. Не принявъ ни одного изъ этихъ предложеній, онъ переселился въ Лейденъ, гдѣ занялъ катедру философіи; онъ умеръ въ 1761 г. Городъ Лейденъ былъ въ то время однимъ изъ главныхъ научныхъ центровъ въ Европѣ. Многие изъ лейденскихъ ученыхъ занимались спеціально электричествомъ; въ числѣ ихъ были богатый гражданинъ Кунауусъ и профессоръ физики Алламанъ.

\*\*) Это значитъ, въ сущности, что сосудъ долженъ быть сдѣланъ изъ мало-гигроскопическаго вещества, потому что въ противномъ случаѣ его нельзя поддерживать сухимъ, и онъ становится обыкновеннымъ проводникомъ.

„Я почувствовалъ,—говоритъ онъ,—сотрясеніе, прохватившее меня до самаго сердца и внутренностей и заставившее меня согнуться и широко раскрыть ротъ, какъ это случается тогда, когда вдругъ захватятъ дыханіе. Указательный палецъ правой руки, которымъ я извлекалъ искру, попыталъ ударъ или



Фиг. 229.—Машина Уимсворста о двѣнадцати кругахъ.

А и В—полюсы машины. *т, т'*—изолирующія рукоятки для передвиженія полюсовъ. *Со, Со'*—проводники, соединяющіе полюсы съ толстыми изолированными кондукторами *І, І'*, къ которымъ прикрѣплены гребенки *Р, Р', С, С'*—лейденскія банки. *Ва, Ва'*—диаметральные кондукторы съ шариками, снабженными коротенькими проволоками, трущимися объ оловяннымъ полоски на периферіи изолирующихъ круговъ. *Т*—непроводящая пластинка, посыпанная проводящимъ порошкомъ; между частями послѣдней, приставшими къ лентѣ, пробѣгаютъ искорки, совокупность которыхъ представляетъ разнообразныя рисунки.—Стрѣлка показываетъ направленіе вращенія круговъ; рукоятка поворачивается позади машины.

какъ бы сильнѣйшій уколъ, а лѣвую руку мгновенно что-то дернуло внизъ, такъ что я выронилъ сосудъ на полъ“.

Страсть къ производству подобныхъ опытовъ и энтузіазмъ въ этомъ отношеніи въ послѣдствіи дошли до того, что, напр., профессоръ физики въ Виттен-

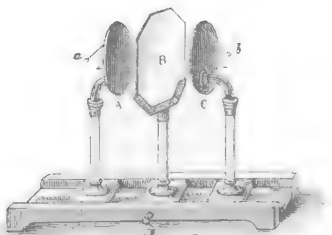
бергъ (въ Саксоніи) Боге говорилъ: „Мнѣ не страшна и смерть отъ электрическаго сотрясенія, такъ какъ разсказъ о моей смерти составилъ бы статью въ *Зинкисхей* парижской королевской академіи наукъ“.

Фигура 187, взятая изъ „Опыта надъ электричествомъ“, показываетъ приемъ аббата Нолле. Этотъ приемъ ничѣмъ не отличается отъ способа, преподааннаго лейденскими физиками въ его письмѣ къ Гюмиору.

„Лейденская банка“, какъ называлъ описываемый приборъ Нолле, скоро сдѣлалась весьма популярной; всякому хотѣлось самому испытать „электрическое сотрясеніе“. Для болѣе быстрого удовлетворенія своихъ посягателей, аббатъ Нолле предлагалъ имъ браться за руки, такъ что они образовывали цѣпь. На одномъ концѣ этой цѣпи становился онъ самъ, держа въ свободной рукѣ наэлектризованную лейденскую банку, а лицо находившееся на другомъ концѣ, своей свободной рукой, касалось проводящаго стержня, пропускающаго сквозъ пробку стекла. Такъ именно былъ произведенъ этотъ опытъ въ Версали въ присутствіи Людовика XIV и его двора. Цѣпь составлялась двумястами сорока солдатами французской гвардіи; каждый изъ нихъ испыталъ мышечное содроганіе, произведенное разрядомъ.

Лейденская банка до такой степени вошла въ моду, что ее стали готовить въ формѣ тросточекъ и тому подобныхъ вещей обыкновеннаго обихода, благодаря чему каждый получалъ возможность изкушать терпѣніе своихъ пріятелей.

Англіійскій врачъ Бивисъ нашелъ въ 1747 г., что стеклянный листъ въ одиаквадратный футъ, съ обѣихъ сторонъ покрытый тонкой металлической пластинкой, представляетъ собою не худшій *конденсаторъ*, нежели лейденская банка съ водой вмѣстимостью въ подкружки. Съ подобными электрическими листами производили многочисленныя опыты Бенѣяминъ Франклінъ и Эппинусъ \*), который изобрѣлъ названный по его имени *конденсаторъ*. Послѣдній (фиг. 230) состоитъ изъ двухъ металлических круговъ А и С, изолированныхъ на стеклянныхъ подставкахъ и снабженныхъ электрическими маятниками а и b. Круги отдѣлены другъ отъ друга стеклянною пластинкой В и могутъ передвигаться вдоль зубчатки, такъ что помощью рукоятки ихъ можно приближать и



Фиг. 230. — Конденсаторъ Эппинуса.

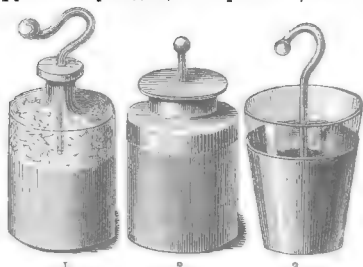
\*) Ульрихъ-Теодоръ Эппинусъ, род. въ Ростоки (Германія) въ 1724 г., умеръ въ Ливоніи въ 1802 г., былъ призванъ въ С.-Петербургъ для преподаванія физики. Его главное сочиненіе есть *Опытъ теоріи электричества и магнетизма* (1787 г.). Эппинусъ открылъ любопытное свойство *турмалина* — минерала, состоящаго изъ кремнезема, глинозема, желѣза и марганца и встречающагося въ горахъ Швейцаріи, Испаніи, Италіи, Тироля. Именно Эппинусъ замѣтилъ, что турмалинъ при нагреваніи электризуется — *положительно* на одномъ концѣ и *отрицательно* — на другомъ, и допустилъ существованіе у турмалиновой пластинки двухъ полюсовъ, аналогичныхъ полюсамъ у магнита. Физики, изучавшіе этотъ кристаллъ послѣ Эппинуса, установили, что при постепенномъ нагреваніи до ста градусовъ электризація турмалина усиливается, а затѣмъ ослабляется, до полного уничтоженія; но при дальнѣйшемъ нагреваніи электризація является вновь, но уже съ обратнымъ полюсомъ; тотъ конецъ, который раньше былъ наэлектризованъ положительно, становится отрицательнымъ, и наоборотъ. Такое же измѣненіе замѣчается при охлажденіи нагрѣтаго турмалина. Для электризованія турмалиновой пластинки даже нѣтъ необходимости нагрѣвать ее, достаточно сжать ее параллельно ея оси, для того, чтобы на поверхности, перпендикулярныхъ къ оси, явились противоположныя электричества; по освобожденіи пластинки отъ сжатія полюсы измѣщаются.

Е. Милларъ въ своемъ *Руководствѣ кристаллографіи* отмѣчаетъ еще слѣдующее явленіе: если только что нагрѣтую или охлажденную турмалиновую призму, имѣющую два противоположные полюса, разбить, то каждый изъ осколковъ, подобно осколкамъ магнита, будетъ имѣть два разноименные полюса.



даже прикладывать къ пластинкѣ В. При лабораторныхъ работахъ чаще всего употребляются плоскіе *листовые* конденсаторы (фиг. 224), но вмѣсто стекла обыкновенно берутъ слюдяные листы или пропитанные парафиномъ бумажные.

Мало-по-малу лейденская банка утратила свою первоначальную форму. Въ настоящее время банка наполняется до двухъ третей своей высоты—не водою, а листочками олова или мишуры I (фиг. 211 и 231). Въ эти листочки погруженъ проводящій стержень С, оканчивающійся шарикомъ а и проходящій



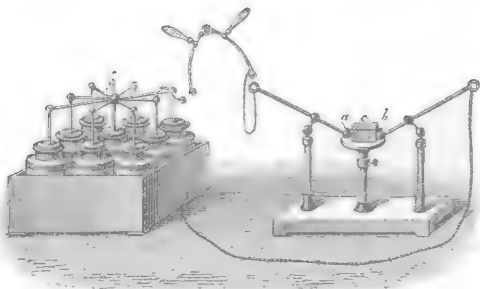
Фиг. 231.—Лейденскія банки.

1 — банка съ неподвижными обкладками. 2 — банка съ широкимъ горломъ. 3 — банка съ выдвигаемыми обкладками.

соединяется съ проводникомъ посредствомъ пружинъ или металлическихъ полосокъ. Проводникъ I (руть, вода, олово, мишура и т. п.) внутри банки называется *внутренней обкладкой* ея, а внѣшній проводникъ, т.-е. наклеенный оловянный листъ, или, какъ у первыхъ банокъ, рука—*внѣшней обкладкой*. Последнюю, которую обыкновенно соединяютъ съ электрической машиной, часто называютъ также *собираемъ* (коллекторомъ).

черезъ пробку В стеклянки. Снаружи последняя до той же высоты обкладывается листовымъ оловомъ и непокрытая полоса обмазывается шеллакомъ или сургучомъ для того, чтобы воспрепятствовать появлению искры между внутреннимъ содержимымъ и наружною обкладкой по поверхности банки, такъ какъ на стеклѣ быстро осаждается влага изъ воздуха, вследствие чего оно получаетъ свойства проводника.

Банки съ широкимъ горломъ обкладываются съ внутренней стороны листовымъ оловомъ, которое



Фиг. 232.—Улучшеніе проволоки *ад* дѣйствіемъ разряда батареи изъ лейденскихъ банокъ; золотая пыль оставляетъ чернѣйшій слѣдъ на картонкѣ с.

рядить лейденскую банку, помощью машины Рамсдена, банку вѣшаютъ на кондукторъ машины, соединивъ предварительно внѣшнюю ея обкладку съ землею посредствомъ придѣланной къ ней цѣпочки или просто взявъ банку въ руку.

При зарядженіи банки машинами Гольтца, Фосса, Уинсгорета и т. п., одну изъ обкладокъ соединяютъ съ положительнымъ, а другую—съ отрицательнымъ полюсомъ машины.

Для быстрого и легкаго разряда банки употребляется небольшой снарядъ, называемый *разрядникомъ* (фиг. 233 и 232). Онъ состоитъ изъ двухъ про-

Вотъ простой способъ устроить лейденскую банку. Въ совершенно сухой стаканъ насыпаютъ дробь—это будетъ внутренняя обкладка; въ дробь вставляютъ ложку—это проводникъ С; наконецъ, стаканъ берутъ въ руку,—последняя составитъ внѣшнюю обкладку.

Для того, чтобы

водящих стержней, окрѣпленных шарниромъ, подобно двумъ вѣткамъ у ножицы; стержни оканчиваются шариками и снабжены изолирующими, обыкновенно стеклянными, рукоятками. Разрядникомъ пользуются такъ: взявъ его за рукоятки, одинъ изъ его шариковъ приводятъ въ соприкосновение съ вѣтшею обкладкой, а другой—съ шарикомъ лейденской банки. При соответствующемъ приближеніи обоихъ шариковъ разрядника, между послѣдними проскакиваетъ искра; это искра *разряда* \*). Опытъ показываетъ, что эта искра бываетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ тоньше стеклянная стѣнка сосуда, отдѣляющая обкладки одну отъ другой, и тѣмъ больше поверхность послѣднихъ. Но готовить большія банки съ тонкими стѣнками непрактично; та же цѣль удобнѣе достигается надлежащимъ соединеніемъ нѣсколькихъ банокъ обыкновенной величины, составленіемъ изъ нихъ батареи.

Фигура 232 представляетъ *параллельную батарею* изъ девяти банокъ, разряжаемую помощью разрядника.

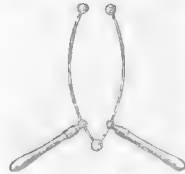
Такъ же соединяютъ и конденсаторы той или иной формы.

Во всѣ внутреннія обкладки соединяются съ шарикомъ одной изъ банокъ посредствомъ проводящихъ стержней, а вѣтшія—посредствомъ оловянного листа, которымъ обклеены внутри стѣнки ящика, заключающаго батарею, соединяются во все съ металлическою ручкой ящика, въ которой привѣшана цѣпочка, падающая на землю. Шарикъ и ручка являются такимъ образомъ полюсами батареи.

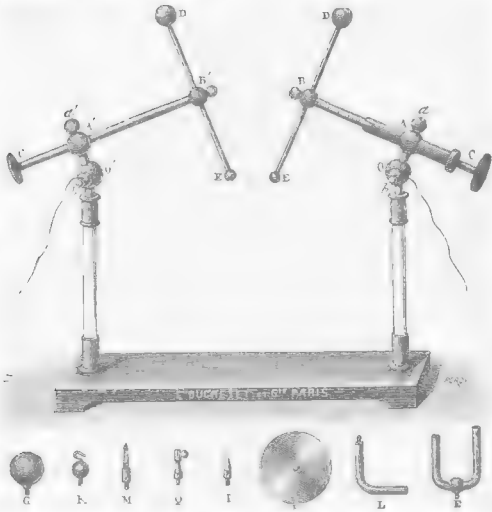
Заряженіе всей батареи производится такъ же точно, какъ и заряженіе одной банки, причемъ шарикъ играетъ роль внутренней, а ручка—внѣшней обкладки (фиг. 232).

Франклинъ указалъ другое расположеніе банокъ, не представляющее особенныхъ преимуществъ. Это такъ называемое соединеніе въ *каскадъ*, соответствующее *последовательному* (въ видѣ) соединенію элементовъ.

Въ этой батарее внутренняя обкладка первой банки остается свободной, а вѣтшія посредствомъ металлического стержня или цѣпи соединяет-



Фиг. 233.—Разрядникъ.



Фиг. 234.—Большой всеобщій разрядникъ.

BC, B'C'—стержни разрядника, могущіе двигаться въ шарахъ A, A'. a, a'—путьки, служащія для закрѣпленія стержней и двигающіеся около горизонтальной оси. O, O'—шары, съ которыми соединяются проволоки, идущія въ разряднику. — Оканчивающіеся шариками второстепенныя стержни DE, D'E' могутъ двигаться въ шарахъ B, B'. — Вѣсто шаровъ B, B', D, D', E, E' можно насадить на стержни: шарика G, K, угольные палочки M, щипчики Q, острия I, круги P, подставки I или F.

\*) Для очень многихъ опытовъ можно пользоваться *всеобщимъ разрядникомъ* (фиг. 234).

ся съ внутреннюю обкладкой слѣдующей банки. Выѣшняя обкладка второй подобнымъ же образомъ соединяется съ внутреннюю обкладкой третьей, и т. д., до послѣдней банки, у которой остается свободною выѣшняя обкладка.

*Потенциальная энергія*, развиваемая въ одной лейденской банкѣ или въ батарее, доставляется двигателемъ, приводящимъ въ движеніе заряжающую машину. Эта *потенциальная энергія*, превращаясь путемъ разряда въ *кинетическую*, производитъ рядъ разнообразныхъ дѣйствій, которыя легко обнаружить помощью классическихъ опытовъ. Къ краткому обзорнію этихъ послѣднихъ мы сейчасъ и перейдемъ.

Прежде всего скажемъ о *приборѣ Киннерслея*, посредствомъ котораго демонстрируется сотрясеніе воздуха разрядомъ. Въ срединѣ стеклянной трубки (фиг. 235),



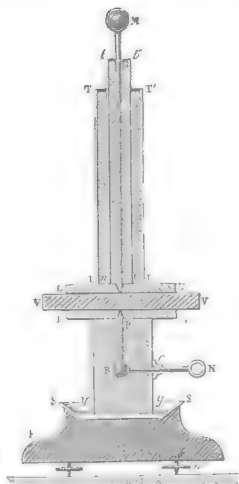
Фиг. 235. — Приборъ Киннерслея.

обою которой находится другая стеклянная же трубка пѣуже, расположены на одной прямой два мѣдные стержня, оканчивающіеся приходящимися другъ противъ друга шариками. Въ нижней части этихъ трубокъ налита вода. Какъ только появляется разрядная искра между обоими шариками, въ раздѣляющемъ ихъ слой воздуха, вода изъ широкой трубки съ силою вытѣсняется въ узкую. Еслибы не было боковой, а была бы одна только замкнутая трубка, то послѣднюю разорвало бы силою разряда.

Въ случаѣ прохожденія искры между двумя острями, отдѣленными другъ отъ друга стеклянною пластинкою или визитною карточкой, эти послѣднія пробиваются. Нерѣдко пробивается сама лейденская банка разрядомъ, проходящимъ чрезъ стекло между обкладками.

Пробитое въ карточкѣ отверстіе представляетъ любопытную особенность, именно края его являются приподнятыми съ обѣихъ сторонъ, какъ будто искра вылетала въ обѣ стороны изъ толщи бумаги.

Для легкаго пробиванія стеклянныхъ пластинокъ въ нѣсколько сантиметровъ толщиною и воспрепятствованія искрѣ обойти край пластины, употребляютъ такъ-называемые *электрическіе пробойники* Теркэма (фиг. 236).



Фиг. 236. — Пробойникъ Теркэма.

VV' — пробиваемая стеклянная пластинка, зажатая между двумя другими стеклянными пластинками LL', LL', сконы которой въ o, o' проходятъ острія обѣихъ иголокъ MP и NBP разрядника. Эти стержни окружены стеклянными трубками l l и u, u', T T' U U', наполненными смѣсью расплавленныхъ воска и скинъ. ESS' — стойка. v, v' — винты для установки.

Разрядомъ батареи можно пользоваться также для мгновеннаго умерщвления животныхъ, для зажигания воспламеняющихся веществъ, каковы, напр., эфиръ, спиртъ, порохъ, или для другой подобной цѣли. *Теплота, развиваемая разрядомъ* достаточна для плавления и улетучиванія металлической проволоки. Расположеніе такого опыта представлено на фигурѣ 232.

Когда подобное улетучиваніе проволоки производится подъ водою (фиг. 237), то послѣдняя съ силою разбрасывается, причѣмъ содержащій воду стеклянный сосудъ нѣрѣдко разбивается. Снарядъ, помощью котораго производятъ этотъ опытъ, извѣстенъ подъ названіемъ *электрической торпеды*. Самый разрядъ, совершающійся такимъ образомъ чрезъ проволоку, называется *проводящимъ*.

Особенно любопытно то, что, пользуясь потенциальной энергіей батареи, можно привести во вращательное движеніе электрическую машину. Поггендорфъ первый показалъ, что, если, зарядивъ батарею помощью машины Гольтца, снять безконечный ремень, соединяющій колеса машины, что уменьшаетъ сопротивление, то батарея разрядится, но при этомъ кругъ начнетъ вращаться въ сторону, обратную той, въ какую онъ вращался во время заряженія.

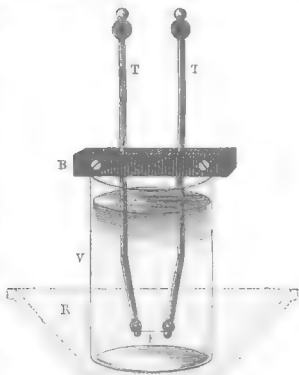
Это извращеніе движенія легко объясняется тѣмъ, что батарея оказываетъ сопротивление зарядженію ея, движенію машины. Она стремится наэлектризовать различныя — подвижныя и неподвижныя — части машины, такъ что между ними являются отталкиванія, противодействующія движенію круга.

Подобный же опытъ можно произвести и безъ помощи батареи.

Соотвѣтственные полюсы двухъ машинъ съ вліаніемъ (Гольтца, Фосса, Уимсгорота) соединяють между собою посредствомъ металлическихъ стержней (фиг. 239). Если привести въ движеніе одну изъ нихъ, то начинаетъ вращаться и другая, но въ сторону, обратную нормальной.

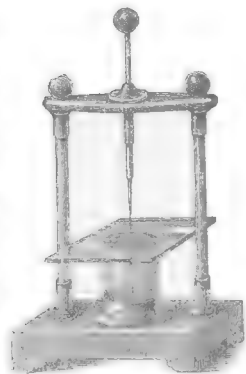
Та изъ этихъ двухъ машинъ, на которую расходуетъ энергія двигателя и которая эту послѣднюю превращаетъ въ электрическую энергію, называется *производителемъ* (генераторомъ) электричества; вторая же машина, приводимая въ движеніе этимъ электричествомъ, называется *электрическимъ двигателемъ*. Разсматриваемая какъ снарядъ, принимающій электричество отъ генератора, она называется также *пріемникомъ*. Само собою разумѣется, что любая изъ нихъ можетъ служить электропроизводителемъ или электродвигателемъ, генераторомъ или пріемникомъ, — словомъ, обладаетъ свойствомъ *оборотности*.

Изъ этого примѣра уже достаточно ясно, какимъ образомъ производится накопленіе *электрической энергіи* въ батареѣ и передача механической энергіи изъ одного мѣста въ другое.



Фиг. 237. — Электрическая торпеда.

V — стеклянный сосудъ съ водою. В — брусокъ, сквозь который пропущены стержни Т, Т', соединяемые съ полюсами разрядающейся батареи. F — проволока, подвешиваемая улетучиванію. R — чашка, въ которую выливается вода изъ сосуда V, если послѣдній разбивается.

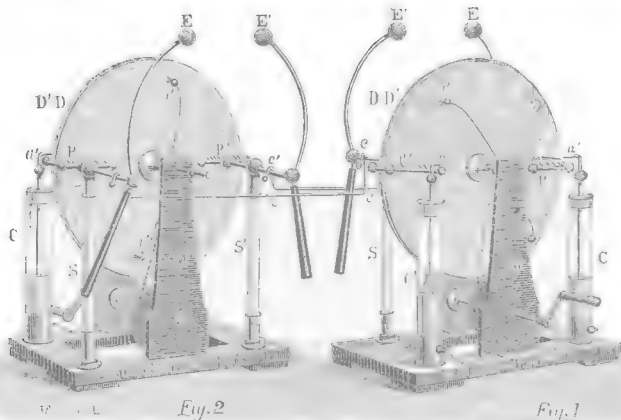


Фиг. 238. — Снарядъ для пробиванія тонкихъ стеклянныхъ пластинокъ или картонокъ.

Теперь въ нашемъ распоряженіи имѣются уже два производителя электричества:

- 1) элементъ, которымъ мы пользовались въ телефонѣ, и
- 2) вышеописанныя электрическія машины часто, называемыя *электростатическими*, — въ отличіе отъ нижеописываемыхъ болѣе новыхъ, которыя основаны на индукціи магнитнымъ полемъ.

Прежде всего кажется поразительнымъ то обстоятельство, что элементъ въ состояніи давать лишь едва замѣтную искру между шариками разрядника, соединенными съ полюсами элемента, даже при ничтожномъ разстояніи между шариками, между тѣмъ какъ въ электрическихъ машинахъ получаютъ длинныя искры. Такъ какъ длина искры зависитъ отъ разности потенциаловъ, устанавливаемой электропроизводителемъ между двумя шариками разрядника, то очевидно, что элементъ способенъ поддерживать лишь малую разность потенциаловъ, въ то время какъ электрическія машины даютъ и весьма большую. Это



Фиг. 239.—Передача энергии на разстояніе помощью двухъ машинъ Уинсгорта.

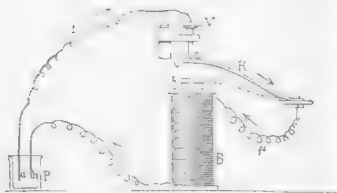
DD'—Круги машинъ, вращающіеся въ противоположныя стороны. E, E'—полюсы. M, M', S, S'—стойки. p, p'—щетки на концахъ діаметрального кондуктора. a, c', a, c'—земельскія банки. 1, P—ребенки. C, C, C', C'—проводящіе стержни, соединяющіе полюсы обѣихъ машинъ.—Машины представлены съ противоположныхъ сторонъ.

выражаютъ, говоря что элементъ есть электропроизводитель *низкаго*, а электростатическая машина—*высокаго потенциала*. Но за то элементъ доставляетъ *большое количество* электричества, т.-е. обладаетъ несравненно большею производительностью, нежели электростатическая машина. Благодаря этому, можно помощью элемента косвеннымъ путемъ получать и длинныя искры, т.-е. электричество высокаго потенциала; для этого, по примѣру Платэ, заряжаютъ элементомъ большое число плоскихъ конденсаторовъ, соединяя ихъ параллельно, и потомъ разряжаютъ ихъ, расположивъ въ рядъ (последовательно, въ каскадъ). Это—такъ-называемая реостатическая машина Платэ. Сейчасъ мы увидимъ, что та же цѣль достигается и въ *индукціонной катушкѣ*, съ расположеніемъ которой мы въ существенныхъ чертахъ познакомились въ главѣ о телефонѣ. Колебанія силы наводящаго тока, доставляемаго элементомъ и проходящаго по *первичной проводкѣ*, возбуждаютъ въ замкнутой *вторичной проводкѣ* наведенные токи, направленія которыхъ легко опредѣлить при помощи магнитной стрѣлки, основываясь на пра-

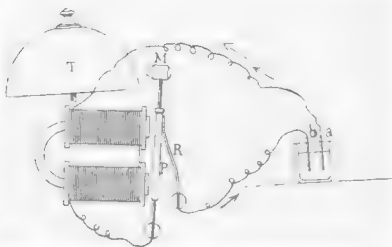
вилъ Ампера (см. примѣч. къ стр. 77). Замѣтивъ отклоненіе магнитной стрѣлки подѣ влияніемъ наводящаго и наведеннаго токовъ и затѣмъ, представивъ себѣ двухъ Амперовыхъ наблюдателей лежащими на той и другой проволокахъ ляпомъ къ стрѣлкѣ, такъ, чтобы сѣверный полюсъ последней находился по лѣвую сторону каждаго наблюдателя, убѣдимся въ томъ, что токи наводящій и наведенный имѣютъ *одинаковое направленіе* въ томъ случаѣ, когда послѣдній происходитъ вслѣдствіе уменьшенія, *ослабленія* наводящаго тока, и наоборотъ—*противоположное направленіе*, когда наведенный токъ является при увеличеніи, *усиленіи* наводящаго; въ первомъ случаѣ наведенный токъ называется *прямымъ*, во второмъ—*обратнымъ*.

Въ телефонѣ измѣненія наводящаго тока производятся дрожаніями передатчика, введеннаго въ первичную цѣпь. Въ индукціонной катушкѣ, усовершенствованной Массономъ, Бреге (1842 г.), Физб, Фуко др. и явившейся такимъ превосходнымъ орудіемъ въ конструкціи Румкорфа (1851 г.),—почему она и носитъ названіе *катушки Румкорфа*,—наводящій токъ поочередно *пропускается и уничтожается* въ первичной проволоцѣ помощью такъ-называемаго *прерывателя*—приспособленія, выполняющаго ту же роль, какъ и камертонъ на фигурѣ 89 (стр. 81). При пропусканіи тока элемента въ первичной катушкѣ, этотъ токъ, постепенно возрастая отъ нуля, какимъ былъ въ началный моментъ, достигаетъ своей нормальной напряженности по прошествіи нѣкоторой доли секунды. Это установленіе тока, постепенное *усиленіе* его до достиженія возможной для него силы и производить во вторичной проволоцѣ *обратный наведенный токъ*. При прерываніи наводящаго тока, послѣдній быстро, но не мгновенно, ослабляется до нуля; это *исчезновеніе* наводящаго тока возбуждаетъ во вторичной проволоцѣ *прямой наведенный токъ*.

Замѣтимъ, что токъ не можетъ мгновенно приобрести своей нормальной силы или, наоборотъ, совершенно уничтожиться, точно такъ же, какъ локомотивъ не можетъ мгновенно приобрести своей обычной скорости или же остановиться: какъ въ случаѣ локомотива установленію нормального хода и остановкѣ, такъ и въ случаѣ тока—его установленію и прекращенію—всегда предшествуетъ нѣкоторое *перемѣнное, переходное состояніе*. Въ занимающемъ насъ случаѣ только это *перемѣнное состояніе* и имѣетъ значеніе, такъ какъ благодаря именно ему являются индуктивные токи; когда наводящій токъ перестаетъ измѣняться, устанавливается, дѣлается, какъ говорятъ, *стационарнымъ*, индуктивные токи исчезаютъ. Но въ нашемъ орудіи такое *стационарное состояніе* не можетъ, не имѣетъ времени установиться благодаря прерывателю, а потому во вторичной проволоцѣ во все время дѣйствія орудія пробѣгаютъ поочередно *прямые и обратные токи*. Такіе быстро слѣдующіе другъ за другомъ токи, при которыхъ два послѣдовательныхъ тока проходятъ по проволоцѣ по *противоположнымъ направленіямъ*, носятъ названіе *альтернативныхъ*, или *чередующихся*.

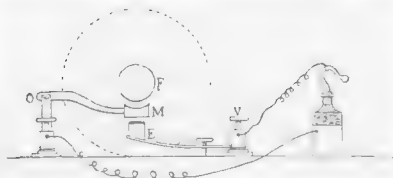


Фиг. 240.—Принципъ электрическихъ прерывателей.



Фиг. 241.—Прерыватель съ колокольникомъ (электрическій звонокъ).

Рассмотримъ теперь дѣйствіе прерывателя. Названному прибору даютъ чрезвычайно разнообразныя расположенія, всегда основанныя на слѣдующемъ общемъ принципѣ. Токъ, доставляемый элементомъ Р (фиг. 240), проходитъ по проводокъ *f* въ металлическій винтъ V, отсюда въ кусокъ мягкаго желѣза *v* и далѣе въ пружину R, къ которой прикрѣпленъ этотъ кусокъ желѣза; изъ пружины токъ по проводокъ *f'* входитъ въ катушку B, откуда возвращается въ элементъ къ *b*. Входя въ катушку, токъ намагничиваетъ желѣзное ядро послѣдней, которое притягиваетъ къ себѣ кусокъ желѣза *v* и такимъ образомъ прерываетъ цѣпь въ *c*; тогда токъ прекращается, но въ то же время мягкое

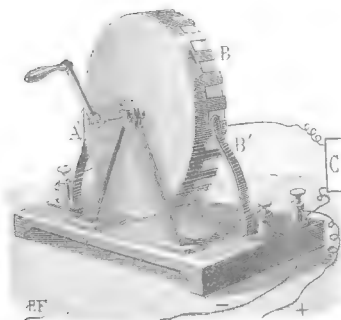


Фиг. 242.—Прерыватель съ молоткомъ.

этого самопроизвольнаго, автоматическаго установленія и прерыванія тока.

Придѣлавъ къ пружинѣ R молоточекъ и помѣстивъ вблизи послѣдняго колокольчикъ, получимъ электрическій звонокъ, дѣйствующій доухътъхъ поръ, пока продолжается дѣйствіе самаго элемента Р (фиг. 241).

Часто дрожащую пластинку R, по примѣру женевскаго ученаго Деларива, замѣняютъ молоткомъ M (фиг. 242), снабженнымъ рукояткой,двигающемуся безъ тренія на шарнирѣ O. Проходя въ катушкѣ, токъ поперечному намагничиваетъ ея желѣзное ядро F, которое притягиваетъ молотокъ M и этимъ прерываетъ токъ; но, по прекращеніи тока, мягкое желѣзо F размагничивается, молотокъ попадаетъ на наковальню E, благодаря чему цѣпь вновь замыкается. Тутъ тяжесть молотка играетъ ту же роль, что напряжение пластинки R въ предшествующемъ прерывателѣ.



Фиг. 243.—Вращающийся прерыватель. (Колесо Пулье).

Токъ выходитъ изъ положит. полюса +, пробѣгаетъ чрезъ цѣпь C къ столбику и пружинѣ A'; отсюда по сплошному краю кольца подходитъ къ отрицательному полюсу—; все это—когда пружина B' касается одному изъ зубцовъ у кольца.

A' постоянно прижимается къ сплошной части кольца. Устройство описаннаго колеса принадлежитъ Пулье. При помощи его Гордонъ производитъ 6000 прерываній наводящаго тока въ минуту.

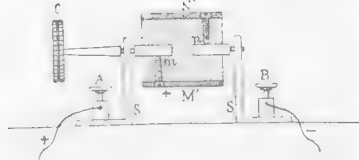
желѣзо F размагничивается, освобожденная пружина R приводитъ кусокъ желѣза *v* въ соприкосновение съ винтомъ V, вслѣдствіе чего токъ вновь восстанавливается для того, чтобы произвести тѣ же явленія, и т. д.

Измѣняя силу и размѣры пружины R, а также степень прижатія винта V къ куску желѣза *v*, можно соотвѣствующимъ образомъ измѣнять и періодъ

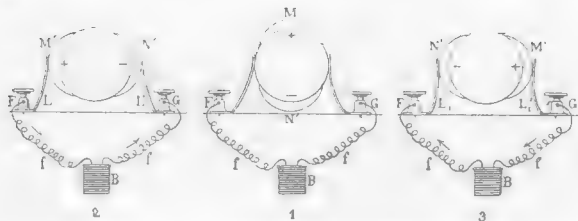
Существуютъ прерыватели иного устройства, основанные на слѣдующемъ началѣ. На окружности стекляннаго колеса (фиг. 243) надѣто металлическое кольцо, у одного края A сплошное, а у другого—B—зубчатое. Когда пружина V прилегаетъ къ одному изъ зубцовъ, токъ проходитъ; но каждый разъ, когда при вращеніи колеса пружина B' встрѣчаетъ вырѣзъ—промежутокъ между двумя соосѣдними зубцами,—она упирается въ стекло, и токъ прерывается; пружина

Стеклянное колесо иногда замѣняютъ мѣднымъ кругомъ, съ известными числомъ вырѣзовъ по окружности, выполненныхъ эбонитовыми прослойками.

Для удобнаго приведенія въ дѣйствіе и легкой остановки индукціонной катушки употребляется такъ-называемый *коммутаторъ*. Названіе это объясняется тѣмъ, что занимающій насъ небольшой снарядъ позволяетъ по желанію измѣнять направленіе наводящаго тока,—прямой дѣлать обратнымъ и наоборотъ. Изъ многихъ видовъ коммутаторовъ мы рассмотримъ одинъ изъ простѣйшихъ и удобнѣйшихъ, именно коммутаторъ Румкорфа. Онъ состоитъ (фиг. 245) изъ изолирующаго, эбонитоваго, цилиндра, покрытаго двумя металлическими пластинками  $M'$  и  $N'$ , расположенными другъ противъ друга. Цилиндръ вращается на прерванной въ оруднѣ оси, поддерживаемой двумя проводящими стойками  $S, S$ , оканчивающимися столбиками  $A, B$ , къ которымъ привинчиваются проводки, идущія отъ элемента. Половины оси соединяются при посредствѣ винтовъ  $m$  и  $n$  съ пластинками  $M'$  и  $N'$ , каждая съ соотвѣтствующей пластинкой, такъ что  $M'$  находится въ постоянномъ соединеніи, напр., съ положительнымъ, а  $N'$  — съ отрицательнымъ полюсомъ элемента. Отъ двухъ другихъ столбиковъ  $F$  и  $G$  (фиг. 245), къ которымъ привинчиваются концы проводки,  $f$  чрезъ которую желателью пропускать токъ отъ элемента, отходятъ вверхъ двѣ пружинки  $L, L'$ , оканчивающіяся на уровнѣ осей коммутатора, гдѣ онѣ и прикасаются къ поверхности цилиндра. Въ положеніи (1) пружинки касаются изолирующей части коммутатора, а потому въ проводокъ  $f$  тока нѣтъ; въ положеніи (2) пружинки прижимаются къ пластинкамъ  $M'$  и  $N'$ , и тогда токъ идетъ по проводокъ  $f$  отъ  $F$  къ  $G$ ; въ положеніи же (3) токъ, наоборотъ, проходитъ въ  $f$  отъ  $G$  къ  $F$ , такъ какъ въ соединительной проводокъ токъ идетъ всегда отъ положительнаго полюса (+) элемента къ отрицательному (—).



Фиг. 244.—Разрѣзъ коммутатора Румкорфа.



Фиг. 245.—Различныя положенія коммутатора Румкорфа.

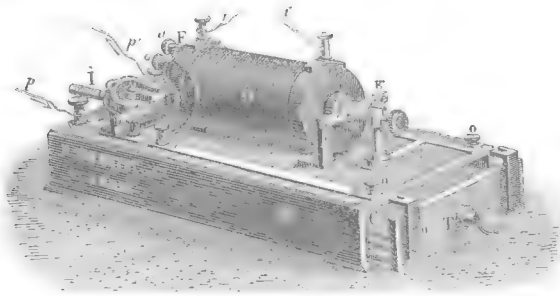
1. Токъ не проходитъ по цепи  $f$  в  $f$ .—2. Токъ идетъ отъ  $F$  къ  $G$ .—3. Токъ идетъ отъ  $G$  къ  $F$ .

Дюкретѣ приспособилъ къ катушкѣ Румкорфа коммутаторъ Бертона, имѣющій форму лиры (фиг. 246 и 247). Концы проводки, по которой желаютъ пропускать токъ, соединяются здѣсь съ двумя металлическими столбиками  $b, b'$ , отъ которыхъ отходятъ пружины  $r, r'$ . Въ томъ положеніи, какое представлено на фигурѣ, лира, соединенная съ отрицательнымъ полюсомъ  $N$  элемента, касается пружины  $r'$ ; проводникъ  $o$ , прикрѣпленный къ центру изолирующаго круга, поддерживающаго коммутаторъ, сообщается съ положительнымъ полюсомъ  $P$  элемента посредствомъ металлической пластинки, отчасти скрытой кругомъ. Тутъ токъ идетъ отъ  $r$  къ  $r'$  въ проводку, соединенную съ  $b, b'$ . Если помощью рукоятки  $m$  повернуть коммутаторъ вокругъ его оси, то проводникъ  $o$  войдетъ въ промежутокъ между  $r$  и  $r'$ .



соприкосновения не будетъ и токъ прервется; когда приведемъ въ соприкосновение  $e$  съ  $g$  и  $o$  съ  $r'$ , то токъ возобновится, но съ обратнымъ направлениемъ.

Теперь мы уже знакомы со всеми частями *катушки Румкорфа* (фиг. 246). Въ ней находимъ первичную катушку, состоящую изъ сравнительно недлинной и толстой проволоки, концы которой  $f, f'$  соединены съ борнами  $b, b'$ , къ которымъ привнчиваются проволоки, идущія отъ обоихъ полюсовъ элемента; да-дѣе, вторичную катушку изъ весьма длинной и тонкой проволоки, охватывающей въ  $A$  и  $B$ ,—внутри первичной катушки ядро, образованное пучкомъ покрытыхъ лакомъ проволокъ изъ мягкаго желѣза,—автоматическій прерыватель  $LM$  наводящаго тока и, наконецъ, коммутаторъ  $C$  для приведенія въ дѣйствіе или остановки катушки.

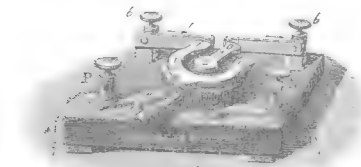


Фиг. 246.—Разборная катушка Дюкретѣ.

Значеніе катушки Румкорфа не въ томъ, что она даетъ альтернативные токи, а въ ея способности превращать небольшую разность потенциаловъ, существующую между полюсами элемента, доставляющаго наводящій токъ, въ значительную разность потенциаловъ между двумя шариками разрядника, установленнаго на стеклянныхъ ножкахъ (или просто между двумя концами вторичной проволоки). Для этой цѣли, вмѣсто того, чтобы соединять концы послѣдней одинъ съ другимъ, каждый изъ нихъ соединяютъ съ однимъ изъ двухъ стержней разрядника.

Тогда катушка Румкорфа можетъ дѣйствовать подобно вышеописанному электрическому машинѣ.

Чрезвычайно важно знать, что по причинѣ гораздо большей краткости періода исчезновенія тока, сравнительно съ періодомъ установленія послѣдняго, прямой наведенный токъ отличается гораздо большею напряженностью, нежели обратный. Оттого при достаточно большомъ разстояніи



Фиг. 247.—Лироподобный коммутаторъ Бергзена.

между обоими шариками (или концами проволоки) получаютъ искры только при прерываніи наводящаго тока.

При появленіи искры высшій потенциалъ всегда принадлежитъ одному и тому же шарикау; этотъ послѣдній и представляютъ собою *положительный полюсъ катушки*; другой шарикъ разрядника называется *отрицательнымъ полюсомъ* \*).

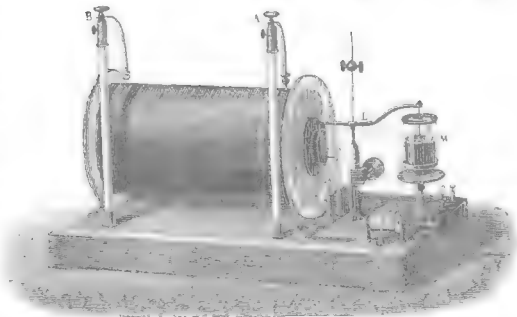
\*) *Положительнымъ полюсомъ* элемента, какъ вообще всякаго электровозбудительнаго снаряда, называютъ конецъ, имѣющій болѣе высокій потенциалъ; другой конецъ есть *отрицательный полюсъ*.

Величина потенциала въ проволокахъ постепенно убываетъ отъ положительнаго полюса до отрицательнаго, т.-е. отъ конца до конца проволоки.

При помощи первыхъ катушекъ удалось получать искры лишь незначительной длины.

Разность потенциаловъ обоихъ шариковъ разрядника, отъ величины которой зависитъ длина искры, тѣмъ больше, тѣмъ въ меньшій промежутокъ времени совершается прерываніе наводящаго тока. Но, благодаря особенному явлению, происходящему въ моментъ прерыванія наводящаго тока, именно *экстра-току прерыванія*, являющемуся въ самой

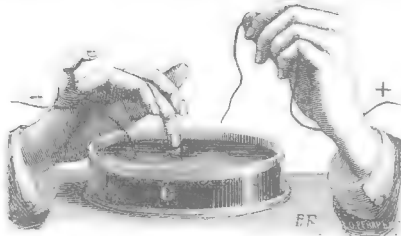
первичной спирали, этотъ промежутокъ удлинняется. Первое наблюдение, относящееся къ явлению *экстра-тока прерыванія*, одѣлалъ Генри въ 1832 г. Концы двухъ проволокъ 5—6 метровъ длиною, соединенныхъ съ полюсами послѣдовательной батареи изъ нѣсколькихъ элементовъ, были погружены въ чашку G (фиг.



Фиг. 248.—Катушка Румкорфа съ упрощеннымъ прерывателемъ Фуко.

248) со ртутью, предназначенною для замыканія цѣпи. Вытягивая изъ ртути одну изъ проволокъ, Генри замѣтилъ появленіе искры между ртутью и проволокою. При дальнѣйшемъ наблюденіи оказалось, что яркость искры увеличивается съ длиною проволоки, а при неизмѣнной длинѣ—съ числомъ параллельныхъ оборотовъ спирали; она становится еще больше, если по оси спирали помѣщаютъ ядро мягкаго желѣза. Кромѣ искры, прерываніе цѣпи элемента даетъ и сотрясеніе въ мышцахъ, если въ моментъ извлеченія проволоки одной рукою прикоснуться ко ртути, а другою — къ вытягиваемой проволоцѣ.

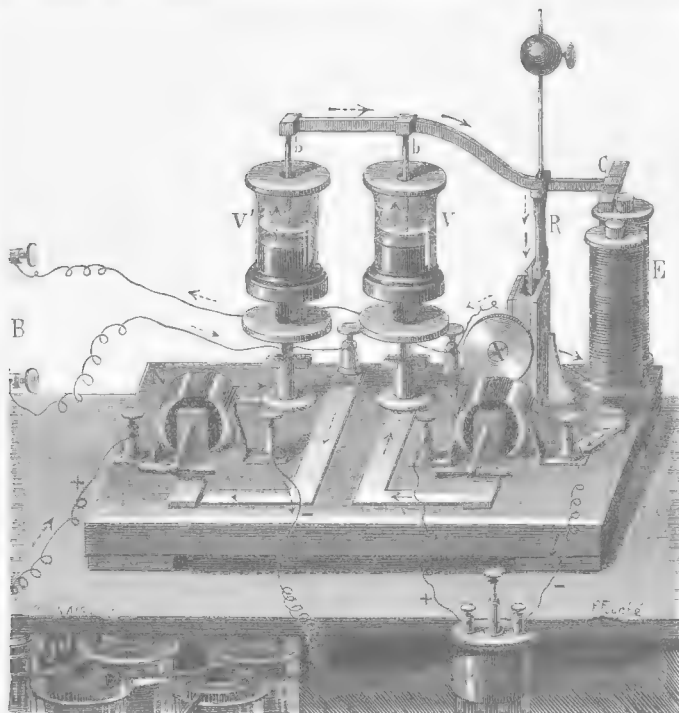
Приблизительно въ то же время Пулль испыталъ подобное же сотрясеніе во время ваннъ въ кабинетѣ парижскаго физико-математическаго факультета: взявъ въ руки концы намагничивающей спирали, погруженные въ чашечку со ртутью, и такимъ образомъ разомкнувъ въ то же время цѣпь



Фиг. 249.—Сотрясеніе, производимое экстра-токомъ прерыванія.

большаго электромагнита, онъ совершенно неожиданно почувствовалъ сильнѣйшее сотрясеніе. Фарадей установилъ, что какъ искра, такъ и сотрясеніе, сопровождающія прерываніе цѣпи элемента, производятся новымъ токомъ, наводимымъ въ той же самой цѣпи прекращеніемъ первоначальнаго тока. Этотъ-то наведенный токъ и получилъ названіе *экстра-тока прерыванія*. Пробѣгая въ одномъ направленіи съ первичнымъ, онъ, уже благодаря одному этому, продолжаетъ его; но онъ продолжаетъ его еще и болѣе непосредственнымъ путемъ: увлекаемая съ концовъ обоихъ проволокъ металлическіе пары и въ то же время нагревая

встрѣчаемый на пути воздухъ, искра экстра-тока, по этимъ двумъ причинамъ, приобретаетъ свойство проводника, и пока она продолжается, дѣло происходитъ такъ, какъ еслибы концы проволоки были соединены между собою весьма длинною проволокою; другими словами, по пути искры проходитъ токъ, хотя и не столь сильный, какъ токъ до прерыванія. Отсюда слѣдуетъ, что исчезновеніе тока] при прерываніи дѣли совершается не сразу, но въ теченіе весьма короткаго промежутка времени.



Фиг. 250. — Вольшой прерыватель Фуко.

Въ индукціонной катушкѣ искра, даваемая экстра-токомъ, ясно видна между двумя соприкасающимися частями прерывателя.

Въ виду того, что все, препятствующее мгновенному исчезновенію наводящаго тока, служить къ ослабленію силы катушки, издавна стремятся уменьшить, насколько возможно, искру экстра-тока, удлиняющую періодъ наведенія; но эти искры вредны еще и въ другомъ отношеніи: онѣ быстро разрушаютъ первоначальную поверхность соприкасающихся частей въ прерывателѣ, что влечетъ за собою нарушеніе дѣйствія послѣдняго. Физд., въ 1863 г., довольно удачно разрѣшилъ занимающую насъ задачу, соединивъ посредствомъ двухъ проволокъ первичную цѣпь въ двухъ точкахъ по сю и по ту сторону прерывателя съ соответствующими обкладками конденсатора. Вводя такимъ образомъ въ эту цѣпь конденсаторъ, онъ заставляетъ экстра-токъ размыканія, тратившійся прежде

на размыкательную искру, израсходовать большую часть своей энергии на заряджение конденсатора, вследствие чего искра, если и не уничтожается совершенно, все же значительно уменьшается, и токи, наводимые во вторичной проволоке, являются гораздо более напряженными.

В тот момент, когда возможная еще в прерывателе искра прекращается, конденсатор разряжается и, производя таким образом ток, имеющий направление противоположное току, даваемому элементом, приводит катушку в ее нормальное положение, размагничивая железное ядро последней. В самом деле, мы знаем (стр. 82), что два тока противоположных направлений производят противоположные намагниченности стержня из мягкого железа.

В 1866 г. Фуко, воспользовавшемуся наблюдениями, сделанными в 1840 г. Поггендорфом, удалось в значительной мере ослабить размыкательную искру, производя прерывание цепи между ртутью и острием в слое абсолютного алкоголя, — жидкости, плохо проводящей и вместе с тем, благодаря своим значительным охлаждающим свойствам, производящей быстрое сгущение металлических паров, о проводящей роли которых было говорено выше.

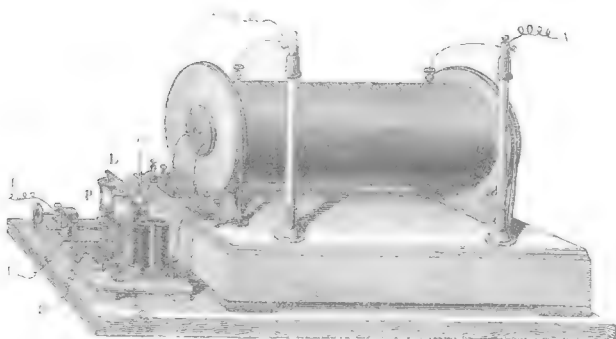
В прерывателе Фуко (фиг. 250) ток в электромагните  $E$  посылается через посредство коммутатора  $M$  особым вспомогательным элементом  $V$ ; этот ток (обозначен непрерывною стрелкой) вступает, на пути, в сосуд  $V$  со ртутью, поверх которой налить спирт, а из ртуть в острие  $b$ . При прохождении тока обнаруживает свое действие электромагнит, притягивающий кусок мягкого железа  $C$  и отклоняющий вправо упругую пластинку  $R$ , несущую рычаг  $Cb\delta'$ . Тогда острие  $b$  поднимается, вследствие чего ток элемента  $P$  прерывается — и электромагнит размагничивается; но, благодаря этому, пружина  $R$ , отклоняясь влево, приводит рычаг в его прежнее положение. Эта смена явлений может продолжаться неопределенно долгое время. При своих движениях рычаг увеличивает с собою стержень  $b'$ , входящий в другой сосуд  $V'$ , сходный с сосудом  $V$ . Наводящий ток, идущий в первичную цепь катушки  $B$  из элемента  $P'$ , следует направлению, указанному пунктирными стрелками. Через сосуд  $V'$  он проходит в то время, когда острие  $b'$  соприкасается с ртутью; но так как это соприкосновение периодически прерывается колебанием пружины  $R$ , поддерживаемым электромагнитом  $E$ , то периодическое замыкание наводящего тока таким образом обеспечено; это замыкание совершается в слое налитого поверх ртути в сосуд  $V'$  абсолютного алкоголя, представляющего вышеуказанные преимущества.

Мы уже видели (стр. 63), что намагничение железного ядра катушки наводящим током весьма значительно усиливает наведенный ток. Но для этого требуется, чтобы замыкание наводящего тока происходило не слишком внезапно, иначе намагничение не успевает достигнуть значительной степени, особенно если ядро имеет большие размеры; отъ этого и усиление индуктивного тока не может быть значительным. Если же прерывающий механизм катушки действует самостоятельно, независимо от катушки, как у Фуко, то получается легкая возможность, путем соответствующего регулирования периода, достигать при прерывании наибольшего эффекта. Регулирование это производится перегибанием небольшой тяжести вдоль пружины  $R$ . На фигуре 251 изображена индукционная катушка, снабженная полным прерывателем Фуко.

Что касается размеров катушек, то в этом отношении мы встречаем большое разнообразие. Из колоссальных аппаратов укажем на катушку, изготовленную Эппсом в Англии. Этот аппарат, красовавшийся на электрической выставке 1881 г., дает искры длиной в 108 сантиметров. Его первичная спираль состоит из 1344 оборотов медной проволоки 512 метров длины и 0,245 миллим. в диаметре, намотанной на катушку, имеющей 108 сантим. в длину. Внутри этой спирали, по оси ее, расположен пучок железных проволок, имеющих 112 сантим. длины и 9 сантим. в диаметре. Вторичная спираль состоит из проволоки длиной в 460 километров и 0,024 миллим. в диа-

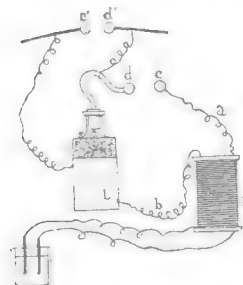
метрѣ, обмотанной въ 841850 оборотовъ. Поверхность конденсатора равна 26 квадрат. метрамъ.

Катушка, за которую Румкорфу была присуждена въ 1867 г. премія французскаго правительства, предназначенная къ выдачѣ за снарядъ, наилучшимъ образомъ осуществляющій „приложеніе элемента“, давалъ искры въ 60 сантиметровъ длиною.



Фиг. 251.—Катушка Румкорфа съ прерывателемъ Фука.

Въ подобныхъ катушкахъ разность потенциаловъ, существующая между какими-нибудь двумя отдаленными одна отъ другой точками вторичной проволоки, должна быть очень велика; если притомъ обмотка сдѣлана такъ, что эти двѣ точки лежатъ одна надъ другой, то ясно, что покрывающій проволоку изоляторъ можетъ быть пробитъ совершенно такъ, какъ иногда пробивается стѣнка лейденской банки, въ тѣхъ случаяхъ, когда обкладки представляютъ значительную разность потенциаловъ. Во избѣжаніе этого страшнаго неудобства, катушку, согласно указанію, сдѣланному Поггендорфомъ въ 1850 г., многократно разгораживаютъ, т.е. изъ наводимой проволоки приготавливаютъ множество спиралей, имѣющихъ форму тонкаго диска, которыя ватѣмъ ставятъ рядомъ, отдѣляя ихъ одну отъ другой изолирующими пластинками, и концы этихъ спиралей, соединяютъ последовательно, какъ рядъ элементовъ. Такимъ образомъ избѣгаютъ располагать одинъ надъ другимъ два оборота, отстоящіе другъ отъ друга на значительную длину.



Фиг. 252.—Зарядженіе лейденской банки индукционной катушкой.

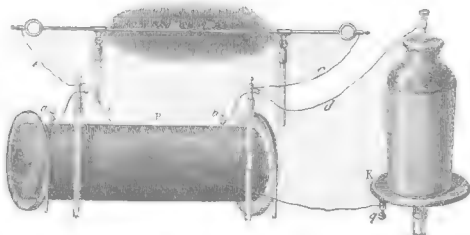
Смотря по размѣрамъ катушки, для надлежащаго дѣйствія последней требуется то или иное число последовательно соединенныхъ элементовъ. Для катушки, дающей искры въ 5—10 сантим. длины, достаточно уже одного элемента Вуизена, между тѣмъ какъ для большихъ катушекъ приходится брать 10—12 такихъ элементовъ.

Медицинскія катушки, употребляющіяся при лѣченіи извѣстныхъ нервныхъ болѣзней, преимущественно страдавшихъ мышцъ, отличаются относительно неболь-

шю силою. Желаемая степень электрическаго сотрясенія достигается здѣсь помощью *градуированно* приспособленія. Для такого градуирования достаточно либо соотвѣтствующее передвиженіе желѣзнаго ядра внутри катушки, либо передвиженіе самой первичной спирали, потому что настоящее дѣйствіе на вторичную спираль оказываютъ только вложенныя въ нее части первичной катушки желѣзнаго ядра, выдвинутыя же части этихъ послѣднихъ имѣютъ незначительное вліяніе. Исключить дѣйствіе на вторичную спираль большей или меньшей части первичной можно также и другимъ способомъ, именно вдвигая между обѣими спиралями соотвѣтствующую часть мѣдной цилиндрической трубки, которую какъ замѣтилъ американскій ученый Генри въ 1840 г., значительно ослабляется наведеніе. Въ виду указанной способности подобная трубка называется *индукціоннымъ экраномъ*, т. е. преградой для индукціи.

Желая испытывать индукціонныя сотрясенія въ теченіе нѣкотораго времени, берутъ въ каждую руку по одной изъ двухъ рукоятокъ, которыми оканчивается наводимая проволока. Для возбужденія отдѣльной мышцы, вводятъ въ пѣшь только эту послѣднюю.

*Энергія*, почерпаемая катушкой изъ химическихъ реакцій, совершающихся въ элементѣ, который поддерживаетъ наводящій токъ, находитъ себѣ такое же примѣненіе, какъ и *энергія*, заимствуемая у механическаго двигателя какой-нибудь электрической машины, напр., машиной Гольтца. Но въ виду того, что катушка даетъ чередующіеся токи — то прямые, то обратные, нѣкоторые случаи требуютъ извѣстныхъ предосторожностей. Такъ, для того, чтобы зарядить одну лейденскую банку или батарею изъ такихъ банокъ, недостаточно соединить ихъ обкладки съ обѣими полюсами катушки, такъ какъ одна и та же обкладка попеременно будетъ заряжаться при этомъ то однимъ, то другимъ — противоположнымъ электричествомъ. Поэтому поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Внешнюю обкладку лейденской банки *L* (фиг. 252) соединяютъ съ одной стороны съ однимъ концомъ *b* вторичной проволоки, а съ другой — съ вѣтвью *c'* разрядника. Внутреннюю обкладку соединяютъ со второю вѣтвью *d'* разрядника, а другой конецъ *a* вторичной проволоки катушки *B* — со стержнемъ, имѣющимъ на свободномъ концѣ шарикъ *e*, который помѣщаютъ противъ шарика *d* лейденской банки. Затѣмъ, повернувъ коммутаторъ, приводятъ катушку въ дѣйствіе, причемъ расстояние *cd* должно быть выбрано такъ, чтобы между *c* и *d* проходила искра только отъ прямого тока, которая, накопляя на внутренней обкладкѣ электричество все одного и того же рода, такимъ образомъ заряжаетъ банку. Всякій разъ, когда между шариками *c'* и *d'* установится достаточно большая разность потенциаловъ, между ними будетъ пробѣгать искра (для того, чтобы банка разряжалась при этомъ именно чрезъ разрядникъ, а не между *c* и *d*, т. е. чрезъ катушку, расстояние между *c'* и *d'* меньше расстоянія между шариками *c* и *d*). Такимъ образомъ между *c* и *d* происходятъ искры, доставляемыя катушкой и заряжающія банку, а между *c'* и *d'* — искры, посредствомъ которыхъ эта банка разряжается. Ясно, что соотвѣтствующее одной разряжающей искрѣ количество искръ заряжающихъ зависитъ отъ *производительности* катушки, съ одной стороны, и отъ *емкости* банки — съ другой; но количество электричества, получаемого бан-



Фиг. 253. — Конденсаторъ въ отводѣ отъ разрядника Румкорфовой катушки.

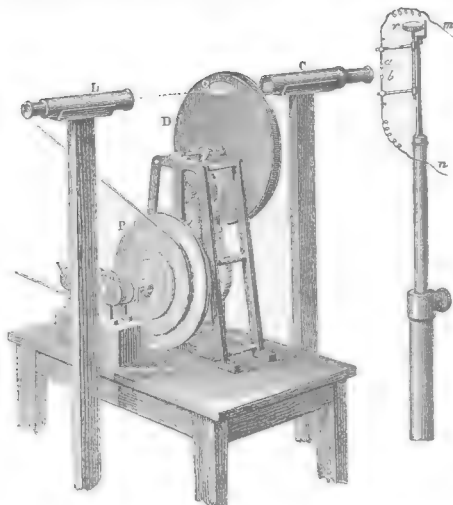
ною, въ теченіе промежутка между двумя ея разрядами, всегда остается равнымъ тому количеству, которое она отдаетъ при каждомъ разрядѣ: разряжающаяся искра отличается гораздо большею толщиной и силой, нежели заряжающія.

Подобный же результатъ получается при соединеніи вѣтвей  $m$  и  $n$  (фиг. 253) разрядника съ обкладками К и р конденсатора. Этотъ конденсаторъ, помѣщающійся въ отодѣ отъ разрядника, заряжается, благодаря чему происходитъ уменьшеніе частоты искръ между  $m$  и  $n$  вѣтвей съ увеличеніемъ *энергіи* этихъ послѣднихъ на величину, равную энергіи конденсатора.

Жамену удавалось расплавлять и улетучивать проволоки болѣе 1 метра длиною, пропуская черезъ нихъ разрядъ батареи изъ 120 лейденскихъ банокъ, заряженныхъ искрою системы четырехъ катушекъ, изъ которыхъ каждая питалась

двумя элементами Бунзена.

Теперь перейдемъ къ разсмотрѣнію весьма разнообразныхъ явленій, происходящихъ при разряженіи индукционной катушки въ пространствахъ, содержащемъ болѣе или менѣе разряженный газъ или слѣды паровъ различныхъ жидкостей. Предположимъ сперва, что искра проходитъ въ воздухѣ при обыкновенномъ давленіи. Энергіей искры значительно нагревается проходящий ею воздухъ и уносятся металлическіе пары съ концовъ наводимой проволоки; распределяясь въ нагрѣтомъ воздухѣ, также обладающемъ (благодаря своей высокой температурѣ) проводящими свойствами, эти пары дополняютъ такимъ образомъ вторичную цепь. Наблюдая такую искру, можно замѣтить, что она состоитъ изъ *отменной* черны, окруженной свѣтловымъ ореоломъ, какъ бы футляромъ. Лиссажу примѣнилъ къ изслѣдованію искры уже знакомый намъ (стр. 156) методъ вращающагося зеркала, придуманный Уитстономъ въ 1884 г. Тутъ въ зеркалѣ разсматривается уже не непрерывно свѣтящееся пламя, дающее непрерывную огненную ленту, а искра. Очевидно, что, въ случаѣ мгновенности искры, эта послѣдняя не можетъ быть, такъ сказать, развернута зеркаломъ, съ какою бы скоростью оно ни вращалось; если же, напротивъ, она сверкаетъ въ теченіе нѣкотораго измѣряемаго промежутка времени, то она должна давать свѣтовую полосу, длина которой будетъ измѣняться въ зависимости какъ отъ скорости вращенія зеркала, такъ и отъ продолжительности самой искры. При помощи этого метода можно убѣдиться, что упомянутая огненная черта мгновенна, между тѣмъ какъ сопровождающій и окружающій ее ореолъ продолжается нѣсколько миллионныхъ долей секунды. Продолжительность искръ измѣряется помощью предназначеннаго специально для этой цѣли *хроноскопа* (фиг. 254).



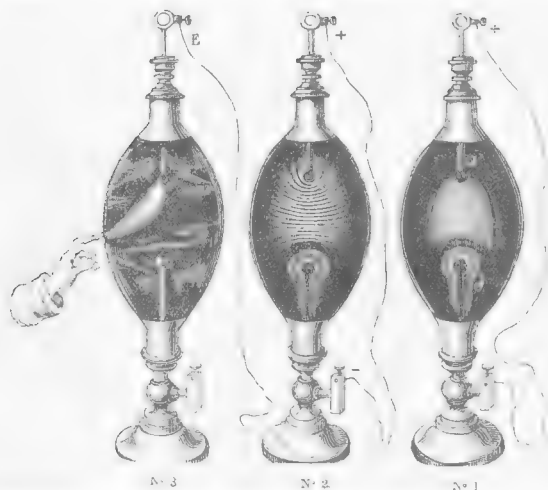
Фиг. 254. — Хроноскопъ для опредѣленія продолжительности искры, пробѣгающей между  $a$  и  $b$ . Искру наблюдаютъ въ зрительную трубку L.

C—коллиматоръ. Вращающееся колесо, скрытое въ коробкѣ D, заставляя совмѣстъ со свѣтовымъ лучемъ отъ искры узенькія прозрачныя мѣста  $o$ . По часу одновременно видимыхъ свѣтлыхъ линій и по скорости вращенія колеса приблизительно опредѣляется продолжительность искры  $a$   $b$ .

гося зеркала, придуманный Уитстономъ въ 1884 г. Тутъ въ зеркалѣ разсматривается уже не непрерывно свѣтящееся пламя, дающее непрерывную огненную ленту, а искра. Очевидно, что, въ случаѣ мгновенности искры, эта послѣдняя не можетъ быть, такъ сказать, развернута зеркаломъ, съ какою бы скоростью оно ни вращалось; если же, напротивъ, она сверкаетъ въ теченіе нѣкотораго измѣряемаго промежутка времени, то она должна давать свѣтовую полосу, длина которой будетъ измѣняться въ зависимости какъ отъ скорости вращенія зеркала, такъ и отъ продолжительности самой искры. При помощи этого метода можно убѣдиться, что упомянутая огненная черта мгновенна, между тѣмъ какъ сопровождающій и окружающій ее ореолъ продолжается нѣсколько миллионныхъ долей секунды. Продолжительность искръ измѣряется помощью предназначеннаго специально для этой цѣли *хроноскопа* (фиг. 254).

Чтобъ имѣть легкую возможность измѣнять по произволу среду, въ которой производится разрядъ, и ея давленіе, разрядники *a d* заключаютъ въ овальный стеклянный сосудъ, въ такъ-называемое *электрическое яйцо* (фиг. 255). Къ нижней оправѣ сосуда придѣляется трубка, снабженная краномъ, чрезъ которую можно выкачивать содержащійся въ сосудѣ газъ. Чрезъ верхнюю оправу пропускается стержень *a*, могущій скользить въ выложенной кожей трубкѣ.

Положимъ, что стержень *a* соединенъ съ положительнымъ, а стержень *d* — съ отрицательнымъ полюсомъ катушки, и будемъ выкачивать изъ сосуда воздухъ. Когда давленіе послѣдняго, измѣряемое столбомъ ртути, становится равнымъ всего 5 — 6 сантиметрамъ, искра, развѣтвившись, превращается въ



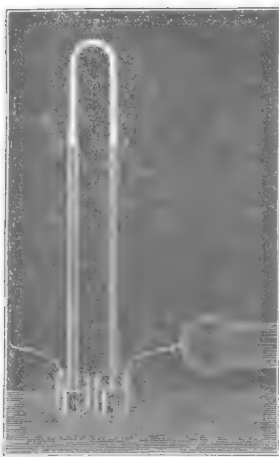
Фиг. 255. — Разрядъ въ электрическомъ яйцѣ.

настоящую кисть: изъ положительнаго стержня *a* выходитъ множество полосокъ пурпуроваго свѣта, изъ которыхъ часть направляется къ стѣнкамъ яйца, а остальные собираются въ веретено, оканчивающееся у отрицательнаго шарика *d*; вмѣстѣ съ тѣмъ этотъ послѣдній съ соответствующимъ ему стержнемъ окружены толстымъ слоемъ фіолетоваго свѣта (фиг. 255, № 1). При давленіи въ нѣсколько миллиметровъ, упомянутыхъ полосокъ становится такъ много, что совокупность ихъ представляется наблюдателю въ видѣ одного сплошнаго веретена пурпурно-красноватаго свѣта, особенно блестящаго въ окружности положительнаго шарика. Отрицательный шарикъ сохраняетъ при этомъ свой фіолетовый ореолъ.

Электрическое сіяніе происходитъ и въ барометрической пустотѣ. Для доказательства этого Деви устроилъ изъ изогнутой стеклянной трубки двойной барометръ (фиг. 256), погруженный въ два стаканчика со ртутью; соединяя стаканчики съ полюсами электрической машины, онъ видѣлъ, какъ въ пустомъ пространствѣ *a b* разливалось слабое сіяніе. При нагреваніи ртути, когда отъ нея отдѣляются парообразныя частицы, сіяніе становится весьма яркимъ и принимаетъ зеленую окраску; при введеніи въ пустоту *a b* нѣсколькихъ пузырьковъ воздуха, цвѣтъ сіянія сперва переходитъ изъ зеленого въ голубой, а затѣмъ въ пурпуровый.

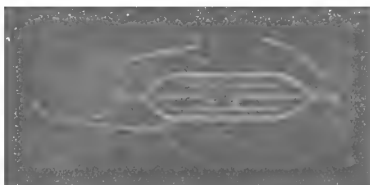


Въ 1859 г. Гешетъ въ Лондонѣ показывалъ, что если въ яйцѣ-произвести болѣе или менѣе совершенную пустоту, то въ немъ уже нельзя тогда наблюдать никакого сіянія. Этотъ опытъ былъ повторенъ Альверня въ Парижѣ, который, производя возможно совершенную пустоту въ стеклянной трубкѣ (фиг. 257), замѣнявшей у него электрическое яйцо, убѣдился, что при этихъ условіяхъ индукционная катушка уже не даетъ искры между *a* и *b*.



Фиг. 256. — Сіяніе въ барометрической пустотѣ, которое наблюдалъ Деви.

оказался превосходный снарядъ для задуманныхъ мною опытовъ. Приготовивъ себѣ такой аппаратъ (замѣчу еще, что внутри чашки со ртутью я пропустилъ проволоку для соединенія оправы съ ртутью, въ которую была погружена трубка), я привелъ верхнюю обкладку



Фиг. 257. — Трубка Альверня.

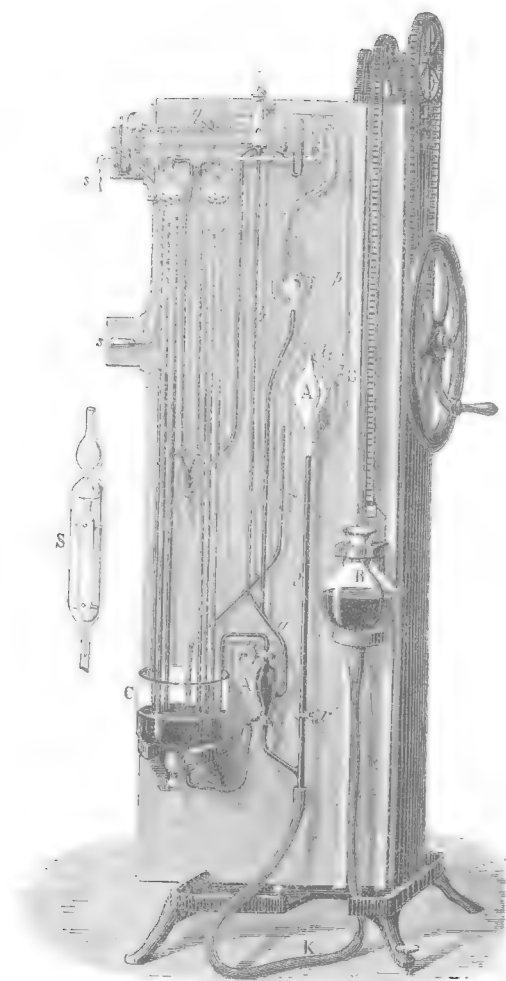
Въ пустотѣ нѣтъ искры. — *a*, *b* — проволоки. *c* — трубка для провѣденія пустоты.

внутреннюю — ртуть въ чашкѣ, а внѣшнюю — наклеенный на трубку оловянный листъ.

Если ртуть, содержащаяся въ трубкѣ, не совершенно освобождена отъ воздуха, опытъ не удастся; но тогда сіяніе имѣетъ прекрасную зеленую окраску, а не фіолетовую, какъ въ случаѣ воздуха, разряженнаго помощью воздушнаго насоса. Этимъ явленіемъ можно пользоваться какъ показателемъ степени

Уже въ 1785 г. В. Морганъ въ докладѣ, озаглавленномъ: *Электрическіе опыты надъ непроводимостью совершенной пустоты*, сообщалъ лондонскому Королевскому Обществу слѣдующее: „Открытую на одномъ концѣ стеклянную трубку въ 876 миллим. длины я наполнилъ ртутью, тщательно очищенною отъ воздуха посредствомъ кипяченія; снаружи, на протяженіи 125 миллим. отъ закрытаго конца, я обложилъ трубку оловянными листомъ. Затѣмъ, погрузивъ открытый конецъ трубки въ чашку со ртутью, черезъ отверстіе въ мѣдной крышкѣ упомянутой чашки, самымъ тщательнымъ образомъ примастачилъ ее такъ, что устранилъ всякую возможность проникновенія въ нее внѣшняго воздуха. Послѣ этого я вытянулъ весь воздухъ изъ верхней части чашки, привелъ эту послѣднюю въ сообщеніе съ воздушнымъ насосомъ черезъ отверстіе съ клапаномъ въ верхней оправѣ. Такимъ образомъ я получилъ въ трубкѣ совершенную пустоту, благодаря чему у меня не было искры“. Въ трубкѣ Альверня металлические стержни обращены другъ къ другу и помѣщаются внутри трубки; въ опытѣ Моргана пустота образуетъ часть изолятора у конденсатора, обкладками котораго служатъ:

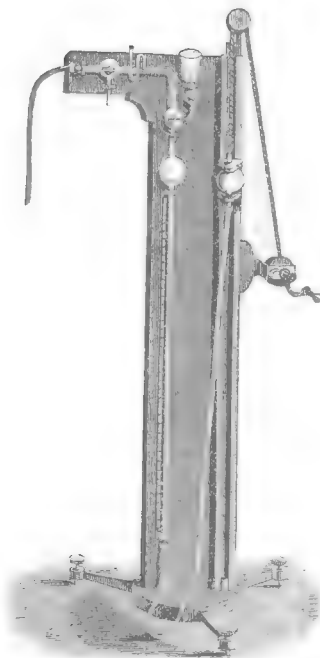
Въ трубкѣ Альверня металлические стержни обращены другъ къ другу и помѣщаются внутри трубки; въ опытѣ Моргана пустота образуетъ часть изолятора у конденсатора, обкладками котораго служатъ:



Фиг. 258.—Насосъ Альверня скорого дѣйствія

разрѣженія воздуха. Такъ, иногда случалось, что при производствѣ описанныхъ опытовъ въ трубку проникали пузырьки воздуха; тогда электрическій свѣтъ

становился видимымъ, причемъ, какъ обыкновенно, представлялъ зеленый отгѣнокъ; но когда, благодаря повторнымъ разрядамъ, въ дальнѣйшемъ теченіи опыта попала трубка въ верхней своей части, такъ что внѣшнему воздуху представлялась возможность все болѣе и болѣе проникать въ трубку,—окраска электрическаго свѣта постепенно переходила изъ зеленой въ голубую, изъ голубой въ синюю и, наконецъ, становилась фіолетовой. Съ другой стороны, Кальете доказалъ, что по мѣрѣ сгущенія воздуха, раздѣляющаго полюсы индукціонной катушки, прохожденіе искры между полюсами все болѣе и болѣе затрудняется, такъ что катушка, при обыкновенномъ давленіи сухого воздуха дающая искры въ 30 сантиметр, при сжатіи сухого же воздуха въ 40—50 разъ могла давать

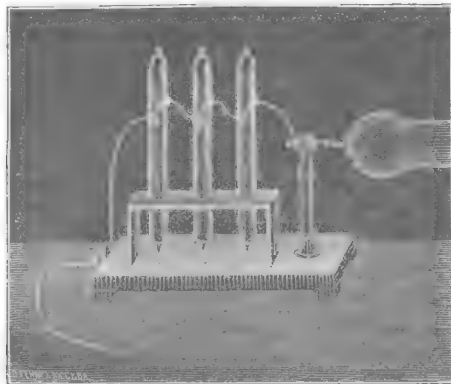


Фиг. 259.—Малый ртутный насосъ Альверня.

лишь искры около полумиллиметра длины. Въ виду этого необходимо заключить съ Морганомъ, что „при разрѣженіи воздуха является, наконецъ, предѣлъ, за которымъ этотъ газъ уже перестаетъ пропускать искру; другими словами, что при достаточномъ удаленіи молекулъ воздуха однихъ отъ другихъ передача по нимъ электричества дѣлается уже невозможной; наоборотъ, при приближеніи ихъ другъ къ другу до известнаго расстоянія воздухъ становится проводникомъ, сохраняя это свойство до тѣхъ поръ, пока не наступитъ предѣльное сгущеніе молекулъ, при которомъ воздухъ утрачиваетъ свою проводимость“.

„Достоверно,—говорит Жуберъ въ своемъ *Учении объ электричест.*—что *полярное сіяніе* есть явленіе электрическое. Это—разрядъ въ разряженномъ воздухѣ, совершенно сходный съ разрядомъ въ Гейсслеровыхъ трубкахъ. Трудно сказать, въ какомъ направленіи этотъ разрядъ совершается; повидимому, однако, онъ направляется изъ верхнихъ слоевъ къ поверхности земли. Упомянутое явленіе происходитъ на весьма различныхъ высотахъ: въ однихъ изъ наблюденныхъ случаевъ полярныя сіянія поднимались не выше 2 километровъ, въ другихъ—высота превышала 150 километровъ. Какъ и въ трубкахъ, изъ которыхъ выкачивается воздухъ, свѣтъ производится здѣсь газообразными частицами, раскаливающимися отъ дѣйствія электрическаго разряда“.

Электрическій разрядъ представляетъ еще и другія особенности. Абраа первый замѣтилъ въ 1843 г., что свѣтъ, появляющійся при разрядѣ индукціонной катушки въ электрическомъ яйцѣ или въ стеклянной трубкѣ, въ которыхъ воздухъ разряженъ до давленія въ нѣсколько миллиметровъ ртутнаго столба, представляется состоящимъ изъ поперечныхъ чередующихся между собою свѣтлыхъ и темныхъ слоевъ. Это—явленіе *слоистости* (стратификаціи) разряда.



Фиг. 260.—Окраска искры зависитъ отъ того газа или пара, въ которомъ она происходитъ.

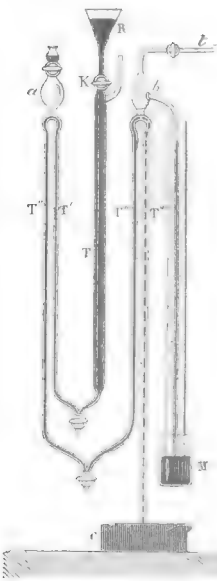
На фигурѣ 255, № 2, изображено яйцо съ такимъ сіяніемъ: положительный полюсъ оканчивается весьма блестящею точкой, за которой слѣдуютъ кривые слои, обращенные къ полюсу своими вогнутыми сторонами; въ расширенной части яйца сіяніе представляется блѣднымъ, а въ узкихъ частяхъ—весьма яркимъ. Наконецъ, передъ отрицательнымъ шарикомъ,—который, вмѣстѣ съ соответствующимъ стержнемъ, окруженъ свѣтящимся слоемъ,—находится темный слой, такъ называемый *темный разрядъ* Фарадея.

Явленіе слоистости, которое въ настоящее время такъ легко демонстрируется въ трубкахъ, впервые изготовленныхъ механикомъ Гейсслеромъ въ Боннѣ при помощи придуманнаго имъ воздушнаго насоса \*), было изучено не

\*) Въ томъ усовершенствованномъ видѣ, въ какомъ названный спарядъ готовится механикомъ Альбертомъ, онъ состоитъ (фиг. 258 и 259) изъ содержащаго ртуть резервуара R, сообщающагося посредствомъ каучуковой трубки K съ вертикальной трубкой P. Последняя оканчивается большимъ расширеніемъ A, изъ котораго выходятъ три трубки: одна изъ нихъ  $t_1$  сообщается между собою верхнюю и нижнюю части расширенія,  $t_2$  есть двукратно изогнутая трубка, концы которой погружены въ чашку со ртутью C; наконецъ, третья трубка p идетъ въ тотъ сосудъ, изъ котораго желаютъ выкачать воздухъ или вообще содержащейся въ немъ газъ; въ B трубка p пред-

далье какъ около 1862 г. Гровомъ въ Англіи и Румкорфомъ, Ке, Сегеномъ во Франціи.

Эти трубки, кромѣ весьма разрѣженного воздуха, содержатъ обыкновенно и сѣды спирта или скипидара, сѣрнистаго углерода, хлористаго олова, нефти, фтористаго кальция и т. д. Съ катушкой онѣ соединяются посредствомъ кусочковъ платиновой проволоки, вѣланныхъ въ концы трубокъ. Окраска электрическаго сіянія въ подобныхъ трубкахъ зависитъ отъ состава содержащихся въ нихъ веществъ. Иногда такимъ трубкамъ придаютъ причудливую форму, отчего сіяніе является болѣе эффектнымъ.



Фиг. 261. — Принципъ насоса (аспиратора) Шпрегеля.

Обыкновенная искра (фиг. 260), пробѣгая между концами двухъ платиновыхъ проволокъ, мѣняетъ окраску въ зависимости отъ газа, въ которомъ она происходитъ: такъ, въ азотѣ она ярче и звучнѣе, чѣмъ въ водородѣ; въ водородѣ она отличается малою звучностью и принимаетъ малиновую окраску; въ углекислотѣ она представляется зеленой, и т. д.; наконецъ, на особенности искры влияют давление газа, его температура и пр.

Явленіе слоистости можно произвести не только съ индукціонною катушкой (которая, надо сказать, удивительно хорошо служитъ для этой цѣли), но и другими способами. Для этого можно воспользоваться, напр., лейденской банкой. При прохожденіи чрезъ Гейслерову трубку обыкновеннаго разряда такой банки, въ трубкѣ, конечно, получается сіяніе, но для появленія слоистости необходимо или взять слабо заряженную банку, или одну изъ проволокъ трубки соединить съ вѣтшею обкладкой банки посредствомъ влажнаго пеняковаго шнурка. Для того, чтобы вызвать разрядъ, который, благодаря такому соединенію, удлинится, прикасаются къ шару лейденской банки другой проволокой Гейслеровой трубки. — Различныя ученые объясняютъ вышеописанныя явленія различными образомъ. Но мы не будемъ приводить этихъ объясненій, такъ какъ ни одно изъ нихъ не можетъ быть считано удовлетворительнымъ, не можетъ быть принято.

При произведеніи разряда индукціонной катушки не чрезъ Гейслерову трубку, а чрезъ такую, въ которой пустота въ тысячу разъ совершен-

ставляетъ расширеніе, заключающее въ себѣ такъ-называемый кранъ: это—коническая стеклянная пробка, могущая автоматически закрывать трубку. Теперь посмотримъ, какъ дѣйствуетъ описанный аппаратъ. Предположимъ, что изъ сосуда нужно выкачать воздухъ, находящійся въ немъ подъ атмосфернымъ давленіемъ. Посредствомъ зубчатыхъ колѣсъ и цѣпочекъ (неообразованныхъ на рисункѣ) поднимаемъ резервуаръ R; тогда часть содержащейся въ немъ ртути переходитъ въ трубку КР, выталкивая изъ послѣдней воздухъ на поверхность С. Какъ только ртуть наполняетъ нижнюю часть расширенія А, она прерываетъ сообщеніе между А и сосудомъ, изъ котораго требуется выкачать воздухъ. Резервуаръ со ртутью поднимаютъ до тѣхъ поръ, пока А и  $t_2$  совершенно не наполнятся ртутью, для того, чтобы весь воздухъ, находящійся въ расширеніи А и трубкѣ  $t_1$  и  $t_2$ , вышелъ во вѣтшую атмосферу. Затѣмъ резервуаръ R опускаютъ, приводя въ его первоначальное положеніе. Тогда ртуть опускается, перестаетъ закрывать мѣсто соединенія трубокъ  $t_1$  и  $t_2$ , и сосудъ, изъ котораго выкачиваютъ воздухъ, тотчасъ же соединяется съ расширеніемъ А; такъ какъ изъ послѣдняго только-что былъ выгнанъ весь воздухъ, то въ него устремляется часть воздуха изъ упомянутаго сосуда, въ которомъ оставшійся воздухъ, очевидно, долженъ, вследствие этого, разредиться тѣмъ болѣе, чѣмъ болѣе расширеніе А. При слѣдующемъ поднятіи резервуара R, А вновь освободится отъ воздуха, а при новомъ опусканіи резервуара опять присосетъ часть воздуха изъ сосуда. Такимъ образомъ послѣдній будетъ все болѣе терять содержащійся въ немъ

нѣе \*), наблюдаются уже совершенно неожиданныя явленія, изученныя *Вильмом Круксом* въ 1879 г. Въ такой пустотѣ, безъ сомнѣнія, остается еще огромное количество воздушныхъ частицъ, но между ними нѣтъ уже при этомъ того непрерывнаго и беспорядочнаго взаимнаго противодействія, какъ при обыкновенныхъ условияхъ. По допустимымъ въ настоящее время гипотезамъ различныхъ ученыхъ, въ стеклянномъ баллонѣ 18,5 сантим. въ діаметрѣ содержится одинъ квадриллионъ (1,000000,000000,000000,000000) такихъ частицъ; въ пустотѣ Круксовыхъ



362.—Опыты надъ лучистой матеріей.

трубокъ число ихъ доводится до одного триллиона (1,000000,000000,000000),—величины, какъ видимъ, далеко не ничтожной. Вещество разрѣженное настолько,

воздухъ. Степень разрѣженія указывается небольшимъ манометромъ *b*; по мѣрѣ приближенія къ пустотѣ, уровни ртути въ обоихъ колѣнахъ его все болѣе и болѣе уравниваются. Въ описываемомъ снарядѣ движеніе резервуара вверхъ и внизъ соответствуетъ движенію поршня въ водяномъ насосѣ: въ первую половину движенія воздухъ присасывается изъ *e* въ *A*, во вторую—выгоняется наружу. Замѣтимъ, что отъ давленія атмосферы на поверхность резервуара *R* и чашки *C*, ртути въ трубкахъ *P* и *t<sub>2</sub>* по мѣрѣ разрѣженія воздуха поднимается все выше и выше, причѣмъ уровни въ трубкахъ *P* и *t<sub>2</sub>* могутъ превысить уровни ртути въ *R* и *C* самое большое на величину, показываемую барометромъ. Когда уже достигнуто достаточно большое разрѣженіе, ртуть,—которая, при наивысшемъ положеніи резервуара *R*, стремится подняться въ трубкѣ *p* на высоту близкую къ высотѣ, показываемой барометромъ,—прижимаетъ пробку *S* къ *p* и такимъ образомъ сама преграждаетъ себѣ входъ въ трубку *p*; при опусканіи ртути пробка въ силу собственной тяжести отпадаетъ, благодаря чему сообщеніе между сосудомъ и расширеніемъ *A* снова восстанавливается.

\*) Для полученія надлежащей пустоты *B*. Круксъ пользовался насосомъ Пиренгеля (*фиг.* 261), дѣйствующимъ весьма просто. Сосудъ, въ которомъ желаютъ произвести пустоту, сообщается

что умозрительнымъ путемъ мы не въ состояніи предугадать его свойствъ, Фарадей, въ 1816 г., назвалъ *лучистой матеріей*. „Если вообразимъ,—говоритъ онъ въ одной изъ своихъ лекцій, посвященной *лучистой матеріи*,—такое состояніе матеріи, которое было бы такъ далеко отъ газообразнаго, какъ это послѣднее отъ жидкаго, то мы, при помощи воображенія, быть-можетъ составимъ себѣ приблизительное представленіе о лучистой матеріи“. Существованіе этого четвертаго, лучистаго состоянія матеріи, допущеннаго Фарадеемъ, было показано Вильямомъ Круксомъ \*). Въ своемъ докладѣ „О лучистой матеріи“, прочитанномъ на сѣздѣ Британской ассоціаціи для развитія наукъ, Круксъ слѣдующимъ образомъ излагаетъ свою теорію.

„Еслибы кто-нибудь въ началѣ этого столѣтія спросилъ, что такое газъ, ему отвѣтили бы, что это—до такой степени разрѣженная матерія, которая уже не можетъ быть осязаема, за исключеніемъ тѣхъ случаевъ, когда она находится въ сильномъ движеніи,—которая не видима, не обладаетъ способностью твердаго тѣла—принять ту или иную определенную форму, и не можетъ образовывать капель, какъ это свойственно жидкостямъ,—которая стремится расширяться всякій разъ, когда она не встрѣчаетъ препятствій въ этому, и, наоборотъ,—сжаться подъ влияніемъ давленія. Таковы были главныя свойства, которыя приписывались газамъ тѣхъ шестьдесятъ тому назадъ. Но новѣйшія научныя изслѣдованія значительно расширили и измѣнили взглядъ на строеніе этихъ

съ трубкою  $\delta$ , затѣмъ открываютъ кранъ К. Тогда ртуть изъ резервуара R вытекаетъ въ трубку А, оттуда въ Т; тотъ воздухъ, который ртуть могла удержать съ собою, она оставляетъ въ расширеніи а, затѣмъ опускается по трубкѣ Т" для того, чтобы потомъ снова подняться по трубкѣ Т"" . Послѣдняя въ концѣ сужена настолько, что ртуть изъ нея можетъ вытекать не иначе, какъ по каплямъ, которая по трубкѣ Т"" называются, наконецъ, въ чашку с. Посредствомъ трубки  $\epsilon$  сосудъ, изъ котораго желаютъ выкачать газъ, сообщается съ рядомъ мелкихъ пустыхъ пространствъ, послѣдовательно расположенныхъ между каждыми двумя смежными каплями ртути, вследствие чего содержащаяся въ сосудѣ воздухъ наполняетъ всѣ эти пространства при переходѣ капель изъ Т"" въ Т"" , а въ концѣ-концовъ выходитъ на поверхность чашки с. Описаннымъ способомъ достигается весьма совершенная пустота, но медленно. Дѣло ускоряется, когда живется не одна, а нѣсколько такихъ трубокъ, какъ Т"" . Время отъ времени въ резервуаръ К припадаютъ ртуть изъ чашки с, но избѣжаніе прекращенія дѣйствія сжарала. Еще болѣе совершенная пустота достигается при нагрѣваніи того сосуда, изъ котораго выкачиваютъ газъ. Степень разрѣженія въ каждый данный моментъ указывается манометромъ  $\delta$ . Обыкновенно выкачиваніе газа производится сначала какими-нибудь менѣе совершеннымъ воздушнымъ насосомъ, напр., насосомъ Гейсслера, а дальѣйшее разрѣженіе—аспираторомъ Шпренгеля скораго дѣйствія. На фигурѣ 258 представлено соединеніе обоихъ этихъ аппаратовъ.

\*) Вильямъ Круксъ, род. въ Лондонѣ 17-го іюня 1832 г. За блестящіе успѣхи, оказанные имъ въ Королевской химической коллегіи, получилъ въ 1848 г. большую Эмберговскую награду; девятнадцать лѣтъ былъ препараторомъ химіи Робмана, двадцати—экстраординарнымъ профессоромъ Королевской, а двадцати трехъ—ординарнымъ профессоромъ Честерской химической коллегіи. Въ 1861 г. помощью химическаго и спектральнаго анализа получалъ новый металлъ—*таллий*. Въ 1863 г. былъ избранъ въ члены лондонскаго Королевскаго Общества. Послѣ ряда изслѣдованій надъ указаннымъ Френелемъ отталкиваніемъ, производимымъ свѣтовыми лучами, онъ изобрѣлъ сжарлатъ, извѣстный подъ названіемъ *радиометра* (лучеизмѣръ) и представилъ въ Королевское Общество сочиненіе подъ заглавіемъ: *Опытъ надъ отталкиваніемъ, происходящимъ вслѣдствіе радіаціи*. Послѣ избранія его въ президенты химическаго Общества, онъ написалъ извѣстную статью—*Молекулярныя физическія явленія въ пустотѣ*, гдѣ принимаетъ существованіе четвертаго состоянія матеріи, именно экстра-газообразнаго, или лучистаго. По повтореніи имъ его опытовъ по этому вопросу въ парижской Сорбоннѣ, въ 1879 г., академія наукъ присудила ему золотую медаль и премію въ три тысячи франковъ. Въ 1881 г., на международной электрической выставкѣ въ Парижѣ, Круксъ не могъ получить никакой награды, такъ какъ состоялъ однимъ изъ экспертовъ выставки, но на то его товарищи по экспертствѣ, по рассмотрѣніи всѣхъ экспонированныхъ системъ лампъ накаливанія, единодушно признали, что „ни одна изъ этихъ системъ не давала бы никакого практическаго результата безъ помощи почти абсолютной пустоты, которая впервыя была получена В. Круксомъ“. Въ 1887 г. Круксъ прочелъ въ лондонскомъ химическомъ Обществѣ свое изслѣдованіе по общей химіи, озаглавленное: *О происхожденіи элементовъ*, въ которомъ говоритъ, что химическіе элементы отнюдь нельзя считать простыми и первичными, происшедшими случайнымъ путемъ, созданными безъ определеннаго порядка, а необходимо думать, что они явились результатомъ усложненія болѣе простыхъ веществъ, быть-можетъ, даже одного какого-либо вещества, которое не есть водородъ,—напростоѣйшій по составу изъ всѣхъ извѣстныхъ химическихъ элементовъ и низшій наименѣйшій атомный вѣсъ“.

упругих жидкостей. По современным воззрениям, газы состоятъ изъ огромнаго, почти безконечнаго множества весьма малыхъ частицъ, или молекулъ, находящихся въ непрерывномъ движеніи, совершающемъ со всевозможными скоростями. Разсматривая отдѣльную молекулу, поймемъ, что, будучи окружена такимъ числомъ молекулъ, она не можетъ подвинуться впередъ по какому-нибудь направленію безъ того, чтобы тотчасъ же не столкнуться съ какой-либо другой. Но если изъ замкнутаго сосуда вытянемъ значительную часть содержащагося въ немъ воздуха или другого какого-нибудь газа, то число молекулъ уменьшится, а вмѣстѣ съ тѣмъ увеличится и то разстояніе, какое отдѣльная молекула можетъ пройти, не наталкиваясь на другую, такъ какъ средняя длина свободнаго пути молекулы должна быть обратно пропорціональна числу оставшихся молекулъ. Чѣмъ совершеннѣе становится пустота, тѣмъ болѣе возрастаетъ среднее разстояніе, проходимое частицей до столкновенія, или, другими словами, чѣмъ болѣе увеличивается длина свободнаго пути, тѣмъ болѣе изменяются физическія свойства газа. Такимъ образомъ, продолжая разреженіе газа, достигаемъ, наконецъ, значительнаго уменьшенія числа молекулъ въ данномъ пространствѣ и тѣмъ замѣтно увеличиваемъ среднюю длину ихъ свободнаго пути. Тогда является возможность къ произведенію нижеописываемыхъ опытовъ. Эти явленія настолько отличаются отъ явленій, представляемыхъ газами обыкновеннаго напряженія, что происхожденіе ихъ необходимо поставить въ связь съ существованіемъ какого-то *четвертаго состоянія матеріи*, такого, которое настолько же далеко отъ газообразнаго состоянія, насколько это послѣднее далеко отъ жидкаго.

*„Средній свободный путь. — Лучистая матерія. —* Давно уже я думаю, что извѣстное явленіе, наблюдаемое въ Гейсслеровыхъ трубкахъ, должно имѣть близкое отношеніе къ среднему свободному пути молекулъ. Разсматривая отрицательный полюсъ при прохожденіи тока отъ индукціонной катушки черезъ стеклянную трубку, содержащую разреженный газъ, мы замѣчаемъ вокругъ этого полюса темный слой, причемъ нетрудно убѣдиться въ томъ, что указанный темный слой увеличивается или уменьшается по мѣрѣ того, какъ пустота въ трубѣ дѣлается болѣе или менѣе совершенною, т. е. по мѣрѣ того, какъ средній свободный путь молекулъ удлиняется или укорачивается. Подобно тому, какъ умъ нашъ видитъ возрастаніе этого пути, глаза наши видятъ увеличеніе темнаго слоя, и если пустота слишкомъ несовершенна для того, чтобы молекулы до своего столкновенія пользовались большою свободою, то прохожденіе электричества показываетъ, что темный слой имѣетъ минимальные размѣры. Мы видимъ, следовательно, что темный слой является выраженіемъ средняго свободнаго пути оставшихся частицъ, — выраженіемъ, совершенно различнымъ при полной и недостаточной пустотѣ. Трубки съ наиболѣе совершенною пустотою могутъ быть проходими оставшимися молекулами газа почти безъ столкновенія, и такъ какъ молекулы, идущія отъ отрицательнаго полюса, имѣютъ огромную скорость и обнаруживаютъ рядъ новыхъ и характерныхъ свойствъ, то по отношенію къ нимъ будетъ вполне позволительно воспользоваться принадлежащимъ Фарадеу терминомъ *лучистая матерія*“.

Лучистая матерія относится къ разряду индукціонной катушки не такъ, какъ Гейсслерова трубка: тутъ обнаруживается не, слѣдовательно, освѣщеніе всего пространства трубки, а освѣщеніе лишь *поверхности, прямо противоположащей отрицательному полюсу*. Кругомъ выражаетъ это явленіе, говоря, что *лучистая матерія движется по прямой линіи*.

Опытъ производится при помощи стекляннаго сосуда (фиг. 262, 7), въ который пропускаютъ два кусочка проволоки, соединенные съ полюсами индукціонной катушки (10). Проволока *a*, идущая отъ отрицательнаго полюса, оканчивается металлическимъ зеркальцемъ *a'*. Въ какой бы точкѣ этотъ сосудъ ни соединялся съ положительнымъ полюсомъ, остается всегда только та часть стѣнки сосуда, которая лежитъ прямо противъ *a'*. А между тѣмъ въ сосудѣ такой же формы, но съ менѣе совершенной пустотою, соответствующей разрѣженію въ Гейсслеровыхъ



трубкахъ, мы видимъ, что линия фиолетоваго свѣта, выходящая изъ *a'*, всегда направляется къ той точки стѣнки сосуда, въ которой находится соединеніе съ положительнымъ полюсомъ.

Вильямъ Крукъ предполагаетъ, что частицы *лучистой матеріи* съ весьма большою скоростью отлетаютъ отъ поверхности металлическаго зеркала *a'* (служащаго отрицательнымъ полюсомъ) по прямымъ направленіямъ, перпендикулярнымъ къ этой поверхности, — *прямымъ* вслѣдствіе того, что частицы, благодаря чрезвычайной разрѣженности воздуха, на пути не сталкиваются между собою; если, слѣдовательно, эти частицы перемѣщаются внутри стекляннаго сосуда безъ преодоленія сопротивленія и безъ взаимныхъ ударовъ, то не можетъ образоваться ни теплоты, ни свѣта; но при ударѣ о стѣнку частицы должны терять значительную часть своей кинетической энергіи, отъ чего поверхность, подвергающаяся удару, должна нагреваться и освѣщаться.

Помѣщая въ центрѣ стекляннаго шара (фиг. 262, 4) кусочекъ иридовой платины, на которомъ сходятся лучи, идущіе отъ прикрѣпленнаго къ отрицательному полюсу металлическаго зеркала, заставимъ платину сначала накалиться, а затѣмъ и расплавиться.

Какую ни имѣло бы форму зеркало, прикрѣпленное къ отрицательному полюсу, лучистая матерія всегда уносится по направленію, перпендикулярному къ поверхности зеркала. Эту особенность легко обнаруживать при помощи трубокъ 2 и 3 (фиг. 262).

*При преобразованіи хода лучистой матеріи получается тѣнь.*—Лучистая матерія распространяется по одному только прямому направленію отъ отрицательнаго полюса индуктивнаго тока, не расходясь во всѣ стороны внутри трубки и не освѣщая всего внутренняго пространства этой послѣдней, какъ это имѣетъ мѣсто въ случаѣ менѣе совершенной пустоты. На встрѣчу на своемъ пути никакой преграды, лучи достигаютъ экрана, на поверхности котораго провѣдываютъ фосфорическій свѣтъ; если же на пути этихъ лучей помѣстить какое-нибудь твердое тѣло, отъ этого тѣла на экранѣ отбрасывается тѣнь. На фигурѣ 262, въ 1 представлена грушевидная трубка съ отрицательнымъ полюсомъ въ узкомъ концѣ. По серединѣ находится вырѣзанный изъ алюминіева листа крестъ, преграждающій путь части лучей, выходящихъ изъ отрицательнаго полюса. При пропусканіи тока видимъ черную тѣнь отъ креста на вогнутой поверхности сосуда, которая вокругъ креста всюду представляется фосфоресцирующей; для появленія такой тѣни лучистая матерія, очевидно, должна проходить мимо алюминіева креста. Падая на стекло въ окрестности упомянутой тѣни, молекулы, силою удара о него, значительно его нагреваютъ, но вмѣстѣ съ тѣмъ производятъ и другое дѣйствіе—притупляютъ его чувствительность.

„Сообщаемая стеклу фосфоричность,—говоритъ Крукъ,—утомила его; ударъ молекулъ произвелъ въ немъ то измѣненіе, что оно потеряло способность легко отвѣчать на новое возбужденіе. Но часть поверхности, занятая тѣнью, естественно не утомляется, сохраняетъ сполна свою чувствительность; поэтому, при паденіи креста,—что легко достигается легкимъ встряхиваніемъ сосуда,—когда лучи, выходяшіе изъ отрицательнаго полюса, направляются къ противоположащей поверхности безпрепятственно, черный крестъ мгновенно превращается въ очень свѣтлый, вслѣдствіе того, что окружающая часть поверхности въ состояніи издавать теперь лишь слабый фосфорическій свѣтъ, между тѣмъ какъ часть, соответствующая черной тѣни, нисколько не утратила своей чувствительности. Но, къ сожалѣнію, яркость изображенія креста скоро ослабѣваетъ и, наконецъ, совершенно исчезаетъ. Послѣ нѣкотораго времени покоя, къ стеклу отчасти возвращается его способность фосфоресценціи, но оно никогда не приобретаетъ своей первоначальной чувствительности.

„Въ этомъ видимъ еще одно важное свойство лучистой матеріи. Она уносится отъ отрицательнаго полюса съ весьма большою скоростью и, сталкиваясь со стекломъ, не только приводитъ его въ колебаніе и заставляеть его освѣтиться

на мгновение, пока продолжается токъ, но въ ударѣ своихъ частицъ обнаруживаетъ энергію, достаточную для произведенія на стекло прочнаго впечатлѣнія".

Въ своихъ первыхъ опытахъ Круксъ пользовался только фосфоресценціей, приобретаемою подъ вліяніемъ „тока лучистой матеріи“ стекломъ, но затѣмъ онъ наметилъ, что нѣкоторыя другія тѣла обладаютъ способностью фосфоресцировать еще въ большей степени, чѣмъ стекло; наприм., фосфоресцирующій при выставленіи на свѣтъ сѣрнистый кальцій начинаетъ фосфоресцировать гораздо замѣтнѣе подъ вліяніемъ *лучистой матеріи*, въ чемъ легко убѣдиться, пропуская электрическій токъ чрезъ трубку, содержащую сѣрнистый кальцій (фиг. 282, 9). Небольшіе рубины, помѣщенные въ трубки съ весьма разрѣженнымъ воздухомъ (фиг. 282, 6), какъ бы раскаляются отъ ударовъ *лучистой матеріи*.

Энергіей *лучистой матеріи* можетъ быть приведена въ движеніе миниатюрная мельница, ось которой утверждена на двухъ стеклянныхъ палочкахъ. Для доказательства этого пользуются аппаратомъ, представленнымъ на той же фигурѣ 282 (5). Впаянные въ трубку два кусочка проволоки соединяютъ съ концами спирали. Какъ только начинаетъ проходить токъ, крылья мельницы тотчасъ же приходятъ въ движеніе, начинаютъ вертѣться по направленію отъ отрицательнаго полюса, какъ и должно быть, если частицы воздуха дѣйствительно совершаютъ свое быстрое движеніе отъ названнаго полюса.

Вотъ еще одно весьма любопытное свойство *лучистой матеріи*. Если въ трубкѣ на значительной части ея протяженія расположить экранъ, обладающій свойствомъ фосфоресцировать, то при прохожденіи индуктивнаго тока, по трубкѣ отъ одного конца до другаго тянется линія фосфорическаго свѣта. Если же теперь подъ трубкой помѣстить сильный подковообразный магнитъ, то свѣтовой лучъ тотчасъ же наклонится внизъ къ магниту. Въ этомъ случаѣ, молекулы *лучистой матеріи*, отталкиваясь отъ отрицательнаго полюса, можно сравнить съ выброшеннымъ изъ орудія метательнымъ снарядомъ, траекторія (путь) котораго искривляется подъ вліяніемъ земнаго притяженія, и въѣсть съ тѣмъ необходимо, слѣдовательно, констатировать, что движеніе *лучистой матеріи* отклоняется *дѣйствіемъ магнита*.

Выше было сказано, что стеклянный баллонъ діаметромъ въ 13,5 сантим., въ которомъ разрѣженіе воздуха доведено до возможно высшей степени, содержитъ еще триллионъ частицъ,—число, достаточное для оправданія даннаго остающемуся газу названія *матеріи*.

„Чтобы дать представленіе о громадности указаннаго числа, — говоритъ Круксъ,—допустимъ, что мы пробіли стѣнку баллона окрою отъ индукціонной катушки. Пусть это отверстіе будетъ микроскопическое, но величины достаточной для того, чтобы, въ баллонъ могли проникать воздушныя частицы и, такимъ образомъ, уничтожать пустоту. Положимъ, что такія частицы входятъ сто миллионъ въ секунду. Сколько-бы вы думали потребовалось времени для того, чтобы при такой быстротѣ прониканія частицъ нашъ небольшой резервуаръ совершенно наполнился воздухомъ,—часъ, день, годъ, столѣтіе, наконецъ?... Для этого потребовалась бы почти цѣлая вѣчность,—срокъ, недоступный даже нашему воображенію. Если мы предположимъ, что изъ такого баллона,—который каковы-нибудь чудомъ приобрѣлъ свойство неразрушаемости,—воздухъ былъ вытянутъ въ моментъ созданія солнечной системы; если допустить дальѣ, что этотъ баллонъ существовалъ уже въ то время, когда наша земля была еще безобразной глыбой, лишенной обитателей,—если мы представимъ себѣ его свидѣтелемъ удивительныхъ превращеній, относящихся ко всѣмъ геологическимъ періодамъ; допустимъ, что онъ видѣлъ появленіе перваго живаго существа, и онъ же переживаетъ послѣдняго человѣка; если предположимъ, наконецъ, что ему суждено просуществовать четыреста миллионъ лѣтъ,—время, за которое самое солнце,—этотъ источникъ всякой энергіи на землѣ,—успѣетъ, по предсказанію математиковъ, превратиться въ холодную и мертвую массу,—если мы предположимъ все это, то при указанной (сто миллионъ частицъ въ секунду) скорости прониканія частицъ въ стеклянный баллонъ, этотъ послѣдній получитъ едва одинъ квадриллионъ молекулъ. Въ самомъ дѣ-

жѣ, по Джонстону Стонею, одинъ кубическій сантиметръ воздуха содержитъ, при обыкновенномъ давленіи, 1,000,000,000,000,000 (тысячу триллионовъ) частицъ; слѣдовательно, баллонъ діаметромъ въ 13,5 сантим. долженъ содержать  $13,5^3 \times 0,5236 \times 1,000,000,000,000,000,000$ , т.-е. 1,288,252,360,000,000,000,000 молекулъ. Отсюда, если давленіе воздуха въ баллонѣ доведено до одной миллионной части атмосферы, то частицъ въ баллонѣ будетъ еще 1,288,252,360,000,000,000. Такъ какъ, по сдѣланному нами предположенію, черезъ пробитое искрою отверстіе въ стѣнкѣ баллона проникаетъ 100 миллионъ частицъ въ секунду, то для проникновенія всѣхъ молекулъ потребуется

	12,882,510,617,476,500 секундъ,
или	214,708,510,291,275 минутъ,
или	8,578,475,171,521 часовъ,
или	149,103,132,147 дней,
или	408,501,731 годъ.

„Что же вы подумаете послѣ этого, если я скажу вамъ, что квадриллионъ молекулъ успѣютъ войти въ нашъ баллонъ черезъ микроскопическое отверстіе, еще до того, какъ мы окончимъ настоящую нашу бесѣду?—При неизмѣнной величинѣ отверстія и неизмѣнномъ числѣ молекулъ, этотъ кажущійся парадоксъ можно объяснить лишь въ томъ случаѣ, если предположить, что величина отдѣльныхъ молекулъ при прохожденіи ихъ въ баллонъ столь ничтожна, что въ теченіе одной секунды проникаетъ уже не 100 миллионъ, а 300 триллионъ частицъ.“

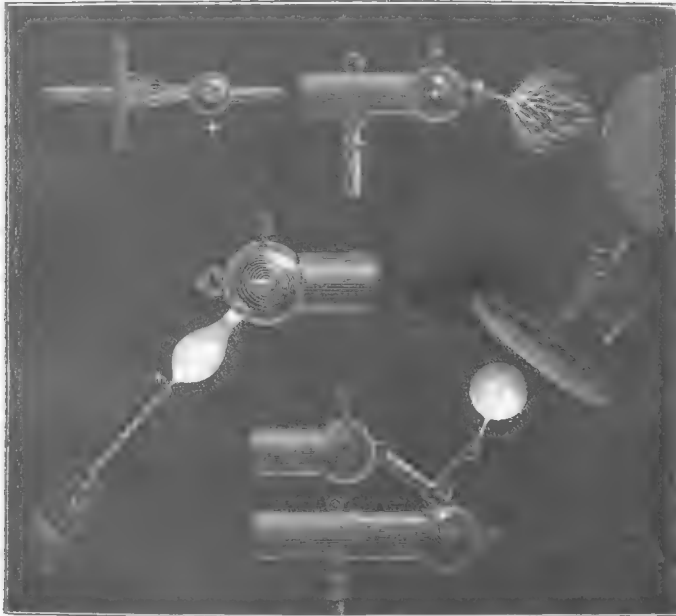
„Вотъ сдѣланный мною расчетъ. Но при такой громадности чиселъ эти послѣдніе утрачиваютъ для насъ всякій смыслъ, и производство подобныхъ вычисленій, въ сущности, не полезнѣе сосчитыванія капель въ морѣ.“

„Въ этомъ четвертомъ состояніи матеріи мы какъ бы овладѣваемъ, получаемъ возможность распоряжаться мельчайшими невидимыми атомами, на которые есть достаточное вѣ�сія основаніе смотрѣть какъ на физическую основу вселенной. Мы видѣли, что нѣкоторыми изъ своихъ свойствъ лучистая матерія въ самомъ дѣлѣ обнаруживаетъ такую же *материальность*, какъ этомъ столѣ, стоящій предо мною, между тѣмъ какъ другія ея свойства сообщаютъ ей характеръ почти *силы* лучистости. Такимъ образомъ мы дѣйствительно достигли того предѣла, у котораго *матерія* и *сила* повидимому сливаются,—дошли до той таинственной области, которая лежитъ на рубежѣ между *извѣстными* и *неизвѣстными*. Смѣю думать, что величайшія научныя проблемы будущаго найдутъ свое рѣшеніе именно въ этой невослѣдованной области, безъ сомнѣнія хранящей въ себѣ чудесныя, возвышенныя и *вѣбятъ* глубокія, *основныя* сущности“.

Теорія Вильяма Крукса, какъ это неизбѣжно бываетъ, встрѣтила немало возраженій. Къ числу самыхъ горячихъ ея противниковъ принадлежатъ профессоръ вѣнскаго университета, докторъ Пулуэй. Этотъ ученый полагаетъ, что подъ вліяніемъ электрическаго тѣка, отъ массы электродовъ механически (а не путемъ улетучиванія) отрываются частицы и отталкиваются по направленію. перпендикулярному къ поверхности электродовъ съ относительно весьма большой скоростью поступательнаго движенія. Эти частицы заряжены отрицательнымъ статическимъ электричествомъ, и такъ какъ онѣ движутся, то и переносятъ на себѣ это послѣднее, дѣлая такимъ образомъ возможнымъ переходъ тока отъ одного электрода къ другому. Что въ этомъ переносѣ электричества принимаютъ участіе также и газообразныя частицы,—это не можетъ подлежать сомнѣнію; однако-же, темный слой въ Гейсслеровыхъ трубкахъ занятъ не остающимися газомъ,—этой Круксовой лучистой матеріей,—а оторвавшимися отъ электрода металлическими частицами, проталкивающимися впередъ себя частицы воздуха, подобно тому какъ эти послѣднія проталкиваются впередъ газовымъ пламенемъ при самомъ выходѣ его изъ рожка, гдѣ, какъ извѣстно, и получается вслѣдствіе этого темное пространство. Коротко сказать, по мнѣнію вѣнскаго профессора, тончайшая *лучистая матерія* Крукса есть не что иное, какъ „лучистое вещество электродовъ“.

Послѣ этого необходимаго отступленія, благодаря которому мы познакомились со столь интереснымъ открытіемъ Крукса, вернемся къ изученію электрической искры и рассмотримъ еще цѣлый рядъ условій, вліяющихъ на форму, принимаемую электрическимъ свѣтомъ вообще.

Какъ мы видѣли раньше, электрический свѣтъ появляется въ *самыхъ разнообразныхъ формахъ*,—въ формѣ сіянія, кисти, шара, искры и т. д.,—которыя определяются множествомъ обстоятельствъ, каковы: форма и разстояніе между проводниками при разрядѣ, давленіе газа, наполняющаго пространство между обоими проводниками, и пр. (фиг. 263). Какъ первые физики установили сходство грома и молніи со звучными искрами, которыя они получали помощью своихъ электрическихъ машинъ, такъ же точно сама собою напрашивается мысль о *шаровидной молніи*,



Фиг. 263.—Различныя формы электрической искры.

когда мы наблюдаемъ эти свѣтящіеся шары, которые появляются между кондукторомъ электрической машины и поверхностью приближеннаго къ нему *металлическаго круга*. Наблюденій, относящихся до шаровидной молніи, довольно много. Въ послѣднее время такое наблюденіе было сдѣлано Ажѣ во Владикавказѣ. 30-го іюля 1888г., около шести часовъ вечера, онъ видѣлъ нѣсколько блестящихъ шаровъ, двигавшихся вдоль оврага; ясно различались три шара: одинъ большой—желтоватый съ золотистымъ блескомъ и два небольшихъ—съ пурпуровой окраской, по бокамъ большого шара. Такимъ же пурпуровымъ свѣтомъ были одѣты склоны оврага. Спусти минуты три шары уменьшились въ объемѣ и въ одно мгновеніе бѣшумно исчезли изъ виду \*).—Не такъ давно видѣли въ Адрианополѣ

\*) Научный и промышленный годъ, Луи Фитце.

(Европейская Турція), какъ на воздухъ влетѣлъ какой-то свѣтящійся шаръ, овальной формы, величиною разъ въ пять больше луны, который сталъ медленно подвигаться впередъ, бросая яркій свѣтъ на адрианопольскій лагерь. Сила свѣта, какъ говорятъ, въ десять разъ превосходила силу большой электрической лампы. На слѣдующій день, на зарѣ, видѣли въ Скутари (Азіатская Турція) какой-то чрезвычайно яркій огонь, шаровидной формы, который началъ имѣть голубоватый, а затѣмъ принялъ зеленоватый оттѣнокъ. Этотъ огонь держался въ воздухѣ на высотѣ десяти метровъ. Огнь нѣсколько разъ покружился вокругъ скутарійской пароходной пристани „Ферри“, освѣщая улицы и дома. Спусти десять минутъ послѣ своего появленія метеоръ упалъ въ море. Это случилось 1-го и 2-го ноября 1886 г. По какому-то странному совпадению, 3-го ноября того же года во всемъ департаментѣ Высокой Марны видѣли громадное сіяніе, озарившее горизонтъ почти лишь на одно мгновеніе \*).

Въ возможности подобныхъ явленій, впервые указанныхъ Араго, долгое время сомнѣвались. Но въ настоящее время, благодаря болѣе тщательнымъ наблюденіямъ, существованіе ихъ слѣдуетъ считать бесспорнымъ. Вотъ одно наблюденіе, заслуживающее полного довѣрія \*\*).

„Проходя мимо моего окна, расположеннаго очень низко,—говоритъ парижская жительница г-жа Эсперъ,—я съ изумленіемъ увидѣла какъ бы большой красный шаръ, похожій на румяную луну, который медленно спускался съ вышины на дерево. Не успѣла я приступить къ разгадкѣ этого страннаго явленія, какъ шаръ началъ горѣть внизу, причемъ изъ пламени вылетали небольшія искры, точно изъ пламени спокойно горящей бумаги. Но вдругъ при страшномъ ударѣ прорвалась вся оболочка шара, и извнутри вылетѣло около десятика выглагобренныхъ молній, изъ которыхъ одна прожгла въ стѣнѣ дыру такой формы, какой была бы дыра, сдѣланная пушечнымъ ядромъ, остальная же часть электрическаго вещества загорѣлась бѣлымъ пламенемъ и начала кружиться, какъ искусственное огненное солнце“.

Въ августѣ 1886 г. въ Соттевиллѣ (Нижняя Сена) во время грозы, видѣли, какъ на улицѣ упало довольно много небольшихъ шаровъ, изъ которыхъ при ударѣ ихъ о землю вырвалось красное пламя. Когда кто-то изъ очевидцевъ вступилъ ногою на одинъ изъ этихъ шаровъ, изъ послѣдняго снова вылетѣло красное пламя съ фиолетовымъ оттѣнкомъ.—У Бабинѣ находимъ извѣстный разсказъ одного парижскаго портного, который однажды, въ грозу, увидѣлъ, какъ обклеенная бумагой рамка, закрывавшая каминъ, вдругъ упала, и изъ каминна тихо вышелъ огненный шаръ, величиной съ дѣтскую голову, который, медленно обойдя комнату, направился къ дырѣ, сквозь которую проходила труба отъ печи,—дырѣ, которая, по выраженію портного, „не могла быть замѣчена молніей“, такъ какъ была заклеена бумагой. Подошедши прямо къ упомянутой дырѣ, огненный шаръ отскочилъ бумагу, не повредивъ еѣ, и поднялся въ трубу, въ концѣ которой лопнулъ съ ужаснѣйшимъ трескомъ.—Подобный же фактъ случился видѣть Маврокордато въ Перѣ, въ 1886 г., въ то время когда названный наблюдатель находился въ чужомъ домѣ, гдѣ онъ укрывался по случаю сильной грозы. Именно, въ комнату быстро влетѣлъ чрезъ открытое окно огненный шаръ величинаю съ апельсинъ. Задѣвши по пути газовый рожокъ, шаръ направился къ столу, за которымъ семья обѣдала, прошелъ между двумя изъ обѣдавшихъ, покружился вокругъ висячей лампы, затѣмъ, издавъ шумъ, подобный пистолетному выстрѣлу, вылетѣлъ обратно на улицу и тамъ разорвался съ ужаснымъ громомъ.

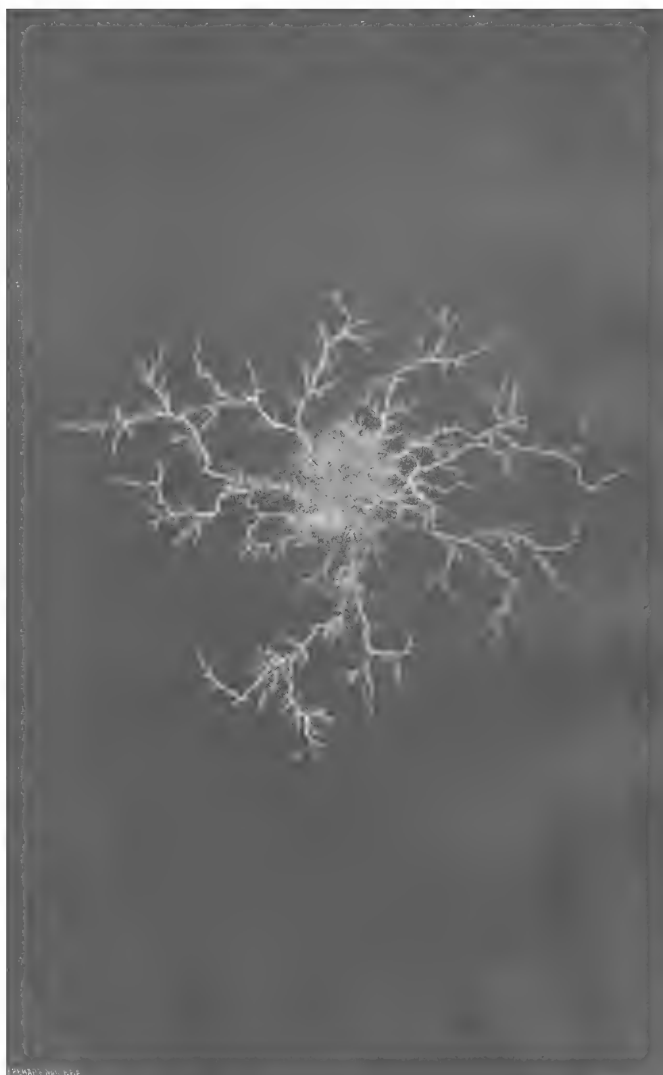
„Эти случаи шаровидной молніи“,—говоритъ въ своей *Атмосферѣ* Камилль Фламмаріонъ,—весьма достовѣрны. Однакоже, очень вѣроятно, что и простая молнія, видимая вдали, зачастую кажется шаровидною. Такъ 2-го іюля 1871 г.

\*) А. де-Парвилль. *Научныя бесѣды*.

\*\*) Жаменъ и Вити. *Курсъ физики*.



Фиг. 264.—Фотография электрической искры: отрицательный полюс.



Фиг. 265.—Фотографія электрической искры: положительный полюсъ.

моего брата, Эрнеста Фламмаріона, находившагося въ то время въ Руанѣ, въ колонной галлерей зданія суда, окружила огромная *круговая* молнія, которая точно изъ земли поднималась вверхъ въ тотъ моментъ, когда вслѣдъ за прогремѣвшимъ громомъ молнія ударила въ одинъ изъ громоотводовъ упомянутого зданія. Лицамъ, наблюдавшимъ издали, казалось, будто изъ земли къ облаку устремляется громадный огненный шаръ“.

Что касается *описки электрической искры*, то она зависитъ не только отъ проходящаго искрою газа, но также и отъ проводниковъ, между которыми пробѣгаетъ эта послѣдняя; такъ въ случаѣ двухъ желѣзныхъ шаровъ искра представляется бѣлою, мѣдныхъ—зеленою, цинковыхъ—голубоватою, оловянныхъ—красною. Для удобства наблюденія описаннаго различія въ окраскѣ искры при различныхъ условіяхъ слѣдуетъ пользоваться искрами незначительной яркости, какія получаются, напр., при помощи небольшой Румкорфовой катушки. Вліяніе металла на окраску искры прекрасно демонстрируется посредствомъ такъ-называемой волшебной пластинки, представленной сверху на кондукторахъ машины Уимсгорста (фиг. 229). Она представляетъ собою эбонитовую пластинку, на которой наклеены лакомъ опилки различныхъ металловъ—цинковые, мѣдные, оловянные и пр. Проходя отъ одного полюса машины къ другому, искра пробѣгаетъ смѣшкою послѣдовательные перерывы между опилками, принимая въ каждой точкѣ окраску, соответствующую даннымъ металлическимъ крупинкамъ,—являясь такимъ образомъ, зеленою, красною или голубою, смотря по тому, проскакиваетъ-ли она между мѣдными, оловянными, или же цинковыми опилками.

Образованіе только-что описанной искры то же, что и на *искрящихся* пластинкахъ, трубкахъ и шарахъ. Такой шаръ представленъ на фигурѣ 268. Это стеклянный шаръ, на поверхности котораго наклеенъ спиральный рядъ маленькихъ оловянныхъ ромбовъ, въ близкихъ разстояніяхъ одинъ отъ другихъ. По соединеніи обоихъ концовъ съ полюсами электрической машины, искра появляется разомъ во всѣхъ промежуткахъ между ромбами, обрисовывая такимъ образомъ свѣтлую спиральную линію.

Оловянные ромбы въ описанныхъ опытахъ представляютъ собою рядъ изолированныхъ проводниковъ, электризующихъ другъ друга чрезъ вліяніе, вслѣдствіе чего между ними, какъ сказано, появляются искры.

Для подробнаго изученія характера электрическихъ искръ пользуются фотографіей. Несмотря на чрезвычайную малую продолжительность искръ, совершенно не трудно фотографировать какъ искры, выходящія изъ положительнаго, такъ и искры, выходящія изъ отрицательнаго полюса. А. Рудль поступаетъ при этомъ слѣдующимъ образомъ. На металлическій кружокъ *n* (фиг. 267), утвержденный на изолирующей ножкѣ *v*, кладутъ тонкую эбонитовую пластинку *e*, а на ея послѣднюю—пластинку броможелатиновую со свѣточувствительнымъ слоемъ въ *ss*. Одинъ полюсъ катушки В соединяется съ кружкомъ *n*, а другой—съ чувствительнымъ слоемъ *ss* посредствомъ вертикальной проволоки, непосредственно прилегающей къ названному слою. Не устанавливая автоматическаго дѣйствія прерывателя у катушки, производятъ одиночное прерываніе отъ руки, помощью



Фиг. 268.—Искрящийся шаръ.



коммутатора. Тогда искра пробѣгаетъ по направленію къ проводокѣ  $f$ , конецъ которой, смотря по положенію коммутатора, оказывается положительнымъ или отрицательнымъ полюсомъ; эта искра оставляетъ свой слѣдъ на броможелатинѣ и такимъ образомъ является сфотографированной. Получаемыя указаннымъ путемъ изображенія представляютъ большое разнообразіе и весьма значительный интересъ какъ средство для сравнительнаго изученія формъ электрическихъ искръ.

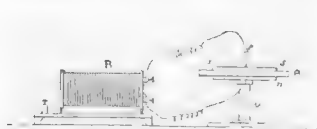
Трувелло получилъ фотографическіе снимки съ искръ, появляющихся у полюсовъ, по тому же самому способу, но съ замѣною эбонитовой пластинки тщательно лакированную стеклянною пластинкою, для того, чтобы искра не могла перейти отъ одного полюса къ другому, обойдя край пластинки. Способъ Трувелло напечатанъ въ академическомъ отчетѣ за 29-е октября 1888 г.

Уже Вертанъ получалъ изображеніе искръ, поступаая почти такъ, какъ было объяснено выше, употребляя твердые перепонки коллодіума, сдѣланныя свѣточувствительными путемъ соответствующей обработки.

Совершенно очевидно, что въ подобныхъ опытахъ выѣсто индукціонной катушки можно пользоваться электрическими машинами Гольтца, Уимсгорста и другихъ.

Вотъ нѣсколько замѣчаній Трувелло о наблюдаемыхъ имъ многочисленныхъ изображеніяхъ искръ.

„Положительный полюсъ (фиг. 265) даетъ изображеніе, состоящее изъ нѣсколькихъ наиболѣе яркихъ, лучеобразно расходящихся изъ одного общаго



Фиг. 267.—Фотографированіе положительной или отрицательной искры.

пункта, длинныхъ извилистыхъ линій, отъ которыхъ отходятъ многочисленныя вѣтви, что напоминаетъ видъ изображаемыхъ на географическихъ картахъ большихъ рѣкъ со впадающими въ нихъ многочисленными притоками. Далѣе этого указанное сходство, однако-же, не распространяется. Какъ изъ главныхъ линій, такъ и изъ ихъ первичныхъ развѣтвленій берутъ начало многія тысячи тончайшихъ зазубренныхъ вторичныхъ вѣточекъ, переплетающихся между собою тѣснѣйшимъ образомъ. У самаго конца длинныхъ линій нерѣдко встрѣчаются самостоятельныя свѣтлыя черточки, совершенно отдѣленныя отъ первыхъ. Исходя изъ бѣловатой точки въ видѣ одной или многихъ ниточекъ, то простыхъ, то развѣтвленныхъ, эти придаточныя фигуры напоминаютъ собою крошечные метеоры или фейерверчные букетки.

„Необыкновенно изящное изображеніе, получающееся у отрицательнаго полюса (фиг. 264) представляетъ совершенно иной характеръ. Оно до такой степени напоминаетъ видъ извѣстнаго растенія изъ семейства пальмъ, что наблюдатель останавливается въ полнѣйшемъ недоумѣніи. Въ самомъ дѣлѣ, какъ объяснить себѣ это поразительное сходство между свѣтовымъ явленіемъ и организованнымъ тѣломъ?... Указанное сходство доходитъ до того, что ботаникъ могъ бы принять фотографію одной изъ вѣтвей изображенія за фотографію какой-нибудь вѣтви упомянутаго растенія, нисколько не подозревая, что онъ имѣетъ предъ собою электрическое явленіе; вспомнимъ, что фотографія электрическаго разряда есть проложеніе изображения послѣдняго на поверхность чувствительнаго слоя и потому еще болѣе должна походить на сохраненное въ гербаріи растеніе. Можно думать, что электрическій разрядъ въ воздухѣ имѣетъ ниную форму. Тотъ же видъ вѣерообразнаго цвѣтка, какой мы наблюдаемъ на фотографіи искры у отрицательнаго полюса, имѣетъ и то сіяніе, которое въ темнотѣ выходитъ изъ остроконечнаго отрицательнаго полюса индукціонной катушки, — въ полнѣйшемъ сходствѣ этихъ явленій можно убѣдиться помощью увеличительнаго стекла, — но указанное сіяніе, конечно, представляется не лежащимъ по ровной плоскости, а расположеннымъ въ видѣ чашечки у цвѣтка“.

Изъ предыдущаго ясно, что нѣтъ ничего легче, какъ по фотографическому снимку опредѣлить, которому изъ двухъ полюсовъ принадлежитъ данная искра. Но замѣтимъ, кромѣ того, что даже, разсматривая двѣ искры одного и того же знака, опытный глазъ не затруднится тотчасъ же сказать, отъ какого аппарата получена каждая изъ нихъ.

Эту разность въ строеніи положительныхъ и отрицательныхъ искръ слѣдуетъ разсматривать какъ аналогичную уже рѣже указаннымъ разностямъ, о



Фиг. 266.—Давуанъ, получающій воду путемъ пропусканія электрическихъ искръ въ смѣсь водорода и кислорода. Названные газы проводятся изъ особыхъ приборовъ, называемыхъ газометрами.

Сосуды эти помѣщены справа и слева отъ наблюдателя.

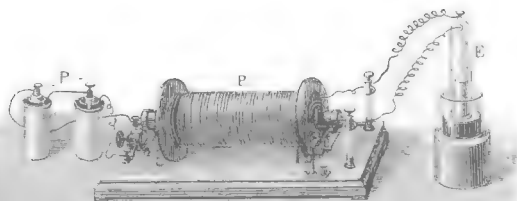
которыхъ, мы говорили при описаніи Лихтенберговыхъ фигуръ, и тѣхъ сіяній, которыя исходятъ изъ остриевъ положительной и отрицательной гребенокъ у электрической машины, напр., у машины Гольтца. Прибавимъ здѣсь, что проводникъ, заряженный отрицательнымъ электричествомъ, испускаетъ свѣтъ въ темнотѣ при такихъ условіяхъ, когда это невозможно для проводника, имѣющаго хотя и большой, но положительный зарядъ. Многочисленные различія, представляемыя обими родами электричества, съ одной стороны, и разрядами—съ другой, имѣютъ немаловажное значеніе; детальное изученіе этихъ различій поведетъ, быть можетъ, къ продолженію новыхъ путей въ наукѣ.

Собственно искры индукціонныхъ катушекъ получили многочисленныя примѣненія, съ которыми сейчасъ познакомимся на нѣсколькихъ примѣрахъ.

Прежде всего, укажемъ на то, что, проведя концы вторичной спирали въ тотъ пунктъ, съ которымъ желательно корреспондировать, мы получаемъ возможность сообщаться помощью особаго телеграфическаго способа, основаннаго на частотѣ искры, которую можно выбирать произвольно, производя рукою прерываніе тока, проходящаго въ катушкѣ передаточнаго аппарата.

Если устроить такъ, чтобы брошенное тѣло, лошадь въ движеніи, вообще то или иное движущееся тѣло производило прерываніе наводящаго тока лишь въ тѣ моменты, когда оно проходитъ чрезъ опредѣленные мѣста, то, замѣтивъ моменты цѣлаго ряда послѣдовательныхъ прохожденій, — по отверстіямъ, пробитымъ искрою въ бумажномъ кружкѣ, равномерно вращающемся между обоими полюсами, — сможемъ легко вычислить среднюю скорость движенія тѣла между данными станціями.

Производя искру въ тотъ моментъ, когда какое-либо движущееся тѣло проходитъ мимо катушки, это тѣло можно освѣтить на чрезвычайно малый промежутокъ времени и тогда снять съ него фотографію, такъ какъ вслѣдствіе мно-



Фиг. 269.—Разложеніе амміака рядомъ электрическихъ искръ отъ индукціонной катушки В.

женности освѣщенія скорость, съ которою движется тѣло, не играетъ никакой роли при фотографированіи: дѣло происходитъ совершенно такъ, какъ еслибы тѣло въ моментъ съемки было неподвижно.

При помощи электрической искры мины взрываются въ настоящее время гораздо вѣрнѣе и удобнѣе, нежели употреблявшимися ранѣе фитилямъ, который зажигался рабочимъ и, постепенно сгорая, доходилъ, наконецъ, до мины, которую тогда и взрывалъ. — Проходя чрезъ свѣтильный газъ, выходящій изъ рожка, искра зажигаетъ этотъ газъ, чѣмъ иногда пользуются для того, чтобы разомъ и безъ всякаго труда зажечь цѣлый рядъ газовыхъ рожковъ, освѣщающихъ какое-нибудь помѣщеніе. Этотъ способъ съ большою пользою могъ бы быть примѣняемъ въ общественномъ газовомъ освѣщеніи.

Когда искра въ теченіе нѣкотораго промежутка времени, — различнаго въ различныхъ случаяхъ, — проходитъ чрезъ какой-либо сложный газъ, она часто разлагаетъ этотъ послѣдній; такъ, наприм., амміакъ почти сплошь разлагается ею на образующіе его два элемента — азотъ и водородъ. Подъ вліяніемъ искры происходитъ и обратное, именно образованіе одного настоящаго химическаго соединенія изъ смѣси газовъ; такъ, при пропусканіи искры въ атмосферѣ смѣси водорода съ кислородомъ образуется вода, какъ показали въ своемъ знаменитомъ опытѣ Лавуазье \*) (фиг. 268).

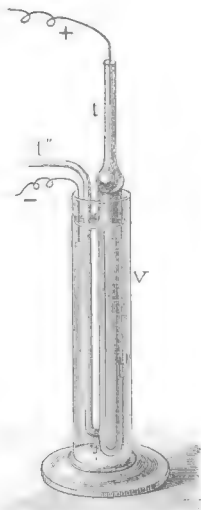
\*) Антуанъ-Лоранъ Лавуазье, род. въ Парижѣ 18-го августа 1743 г. Послѣ цѣлаго ряда блестящихъ химическихъ и астрономическихъ изслѣдованій въ 28-хъ лѣтъ отъ роду получилъ премію академіи наукъ за свою *Записку о нумеричкой системѣ освѣщенія города Парижа*. Въ теченіе

Во всех этих случаях искра действует *тепловой*, развиваемой ею при прохождении чрез ту или другую среду. Поэтому для тех же целей можно пользоваться и разрядом в форме *неблестящей* и *бесшумной* искры, или *истечений* (фиг. 270).

Мы перечислили действия различных электрических разрядов, но ничего еще не говорили о действии *постоянного тока*, поддерживаемого тем или иным *электровозбудителем* в проволоке, соединяющей полюсы последнего. Для простоты, возьмем в качестве *электровозбудителей* гальванические элементы.

Мы уже знаем, что электрический ток производит вокруг себя *магнитное поле* (стр. 77), что магнитная стрелка, будучи помещена в такое поле, отклоняется и что с направлением этого отклонения Ампер связал направление самого тока (стр. 77, примеч.). Взяв рамку, внутри которой помещена магнитная стрелка, или так называемый *гальванометр* (такие рамки представлены на фигуре 68), увидим, что отклонение остается одним и тем же, *какова бы ни была рамка гальванометра ни была введена в него* — близость элементов, между ними или вдали от них, — т. е. что действие тока на стрелку, при данных условиях, является одним и тем же, *постоянным для всего течения на протяжении цепи*. Благодаря этому, отклонением магнитной стрелки может быть определяема величина, *сила* электрического тока: чем больше отклонение одного и того же гальванометра, введенного в различные цепи, тем больше напряжение тока в соответствующей цепи.

Если, *оставляя самый элемент неизменным*, *изменяем* соединительную проволоку, то сила тока окажется *изменившейся*, отклонение гальванометра будет уже иное, причем, чем длиннее и тоньше проволока, тем незначительнее будет отклонение стрелки. Это выражают, говоря, что различные виды проволоки представляют прохождению электрического тока различные *сопротивления*. Но, проходя в самом элементе, ток и здесь встречает известное сопротивление; поэтому, при определении сопротивления во всей цепи, следует иметь в виду как сопротивление соединяющей проволоки, иначе *опущенное*, так и сопротивление, представляемое всеми частями элемента *вместе*, т. е. *сопротивление*. Сопротивление проволоки тем меньше, чем проволока короче и толще; кроме того, оно зависит и от вещества, из которого сделана проволока; так, медь, наприм., представляет меньшее сопротивление току, нежели железо.



Фиг. 270. — Аппарат Бертело для получения электрических истечений.

V — стеклянный цилиндр с подкисленной (серной кислотой) водой, в который погружена проволока, идущая к отрицательному полюсу катушки. t' — трубка, содержащая газ, который желают подвергнуть действию электрического истечения; газ этот приводится трубкою t. — В трубку t, помещенную на оси трубки t' и содержащую подкисленную воду, опущена проволока, идущая к положительному полюсу катушки. Разряд или истечение проходит в кольцевидном пространстве между трубками t'.

шести недель он не выходил из своего запертого черною материею рабочего кабинета, не видя ни света, кроме света испытывавшихся им ламп. 25-ти лет он был уже членом академии наук. Лавуазье получил *кислород* и *азот*; он первый посвятил английского физика Кавендиша изучать газ, названный им *водородом*; ему принадлежит создание *теории дышания*. В последние годы жизни Лавуазье занимался приложением химии к физиологии. — В 1769 г. Лавуазье занимал должность генерального фермера, получая такое содержание, которое вполне обеспечивало ему успешное производство его научных работ, но вследствие обвинения, изданного на всех генеральных фермеров 2-го мая 1794 г. членом Конвента Дюпоном, Лавуазье был за-

Наконецъ, элементы съ одинаковымъ общимъ сопротивленіемъ, но различнаго типа, также даютъ неодинаковое отклоненіе магнитной стрѣлки; другими словами, различные типы элементовъ, при одномъ и томъ же сопротивленіи, оказываются не равносильными въ отношеніи производимаго ими тока; они, какъ говорятъ, имѣютъ различную электровозбудительную, или *электродвижущую силу*.

При прохожденіи тока чрезъ проволоку, эта послѣдняя *нагревается* тѣмъ больше, тѣмъ больше сила тока и представляемое ему сопротивленіе. Соотношеніе это доказано англійскимъ ученымъ Джаулемъ \*), который измѣрялъ ко-



Фиг. 271.—Джауль, измѣряющій нагреваніе проволоки электрическимъ токомъ.

личества теплоты, отдѣляющейся въ калориметрѣ при разныхъ условіяхъ, если въ послѣдній погрузить пробѣгаемую токомъ проволоку. Это освобожденіе теплоты часто называютъ *эквивалентъ Джауля* (фиг. 271).

ключенъ подъ стражу, а 6-го мая осужденъ на смертную казнь вмѣстѣ со всѣми своими товарищами. Несмотря на свое право на признательность государства, этотъ гениальный ученый умеръ на эшафотѣ: въ числѣ двадцати восьми генеральныхъ фермеровъ, казненныхъ въ этотъ день, онъ былъ гильотинированъ четвертымъ.

\*) Джеймсъ Прескоттъ Джауль, род. въ Сольфордѣ (въ Англіи) въ 1818 г. Изучалъ химію подъ руководствомъ Дальтова. Первые его изслѣдованія относятся къ магнетизму: ему именно принадлежатъ открытія явленія *магнитнаго насыщенія*. Въ 1843 г. онъ обваторовалъ получившій его имя законъ относительно количества теплоты, развивающейся въ проводникѣ при прохожденіи тока, а въ 1843 г. были опубликованы первые результаты его изслѣдованій по вопросу о *механическомъ эквивалентѣ теплоты*. Джауль умеръ 11-го октября 1889 г. въ Сэйтъ, близъ Манчестера, послѣ длиннаго ряда важныхъ трудовъ, изложеніе которыхъ обнимаетъ около ста сочиненій.

Теперь мы перейдемъ къ дѣйствию тока на проводимыя имъ жидкости, которое, въ виду его важности, мы рассмотримъ весьма обстоятельно. Тутъ энергій тока пользуются для возбужденія *химическихъ реакцій*.

Когда электрический токъ проходитъ чрезъ однородный металлическій проводникъ, то происходитъ только нагреваніе проводника. При прохожденіи тока чрезъ сложный проводникъ, образуемый твердымъ тѣломъ и жидкостью, могутъ представиться два случая: или эта жидкость есть простое вещество, какъ, наприм., ртуть, бромъ и т. п., и тогда наблюдаются тѣ же явленія, что и въ случаѣ металлическихъ проводниковъ; или же жидкость есть тѣло сложное, и тогда, кромѣ нагреванія этой жидкости, часто происходитъ и ея разложенеіе.

Прежде чѣмъ приступить къ изученію только-что названнаго новаго дѣйствія тока, сдѣлаемъ нѣсколько необходимыхъ замѣчаній. Разложеніе сложнаго тѣла на составляющіе его элементы\*) дѣйствіемъ электричества называется *электро-*

\*) Многочисленныя вещества, приготовляемыя и изучаемыя химикомъ, большей частью представляются разложимыми на другія, болѣе простые вещества, до такихъ тѣлъ, которые уже никакими способами не могутъ быть болѣе распложены. Такія тѣла, которыя уже неспособны къ дальнѣйшему разложенію, называются *химическими элементами*, или *простыми тѣлами*. Изъ соединенія ихъ образуются *сложныя тѣла*. Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены названія *простыхъ тѣлъ*. Одни изъ нихъ, отличающіеся особеннымъ блескомъ, какъ серебро, золото, желѣзо и проч., называются *металлами*; другія же, не имѣющія этого характернаго блеска, каковы фосфоръ, сѣра и проч., называются *металлоидами*.

## МЕТАЛЛОИДЫ.

	(1)	(2)		(1)	(2)
Кислородъ . . . . .	O	8	Азотъ . . . . .	N	14
Сѣра . . . . .	S	16	Фосфоръ . . . . .	P	31
Селенъ . . . . .	Se	39,75	Мышьякъ . . . . .	As	75
Теллуръ . . . . .	Te	64,5	Углеродъ . . . . .	C	6
Фторъ . . . . .	F	19	Кремній (силицій) . . . . .	Si	14
Хлоръ . . . . .	Cl	35,5	Боръ . . . . .	B	11
Бромъ . . . . .	Br	80	Водородъ . . . . .	H	1
Йодъ . . . . .	J	127			

## МЕТАЛЛЫ.

	(1)	(2)		(1)	(2)
Калій . . . . .	K	39	Цинкъ . . . . .	Zn	33
Натрій (содій) . . . . .	Na	23	Галій . . . . .	Ga	56
Литій . . . . .	Li	7	Ванадій . . . . .	V	51,3
Талій . . . . .	Tl	204	Кадмій . . . . .	Cd	56
Цезій . . . . .	Cs	133	Индій . . . . .	In	56,7
Рубидій . . . . .	Rb	85	Уранъ . . . . .	U	60
Калиій . . . . .	Ca	20	Вольфрамъ (туंगстень) . . . . .	W	92
Стронцій . . . . .	Sr	43,76	Молибденъ . . . . .	Mo	48
Барій . . . . .	Ba	68,5	Осмій . . . . .	Os	99,5
Магній . . . . .	Mg	12	Танталъ . . . . .	Ta	91
Марганецъ . . . . .	Mn	27,5	Титанъ . . . . .	Ti	25
Алюминій (глинѣй) . . . . .	Al	13,50	Олово . . . . .	Sn	59
Верхній (глицій) . . . . .	Be	4,55	Сурьма . . . . .	Sb	120
Цирконій . . . . .	Zr	45	Ніобій . . . . .	Nb	47
Иттрий . . . . .	Y	30,85	Мѣдь . . . . .	Cu	31,5
Торій . . . . .	Th	68,5	Свинецъ . . . . .	Pb	103,5
Церій . . . . .	Ce	47,25	Висмутъ . . . . .	Bi	210
Лантанъ . . . . .	La	46	Ртуть . . . . .	Hg	100
Диамъ . . . . .	Di	48	Палладій . . . . .	Pd	53,25
Эрбій . . . . .	Er	166	Родій . . . . .	Rh	52
Иттербій . . . . .	Yb	173	Рутеній . . . . .	Ru	52
Желѣзо . . . . .	Fe	28	Серебро . . . . .	Ag	108
Никкель . . . . .	Ni	29,5	Платина . . . . .	Pt	99,5
Кобальтъ . . . . .	Co	29,4	Купрідій . . . . .	Ir	98,5
Хромъ . . . . .	Cr	26,25	Золото . . . . .	Au	98,3

Для сокращенія письма, каждое простое тѣло обозначаютъ одною или двумя буквами его латинскаго названія; такъ, сѣра, латинское названіе которой—Sulfur (Ульфуръ), обозначается чрезъ S, желѣзо—Ferrum (Феррумъ)—Fe, серебро—Argentum (Аргентумъ)—Ag, и т. д. Эти знаки химическихъ элементовъ приведены въ столбцахъ (1). Но знакъ каждого простаго тѣла выражаетъ еще соотвѣствующее этому тѣлу *атомное количество*; такъ, выражаа все въ граммахъ, нѣтъ Ag равн-

лизомъ\*), а тѣло подвергающееся разложенію—*электролизомъ*. Концы металлическаго проводника, погруженные въ жидкость и сообщающіе ее такимъ образомъ съ электрическимъ элементомъ,—или, точнѣе, съ полюсами электровозбудителя, генератора электричества,—называются *электродами* \*\*): тотъ изъ нихъ, который вводитъ токъ, называютъ *анодомъ* \*\*\*), а конецъ, служащій для вывода тока, — *катодомъ* \*\*\*\*).

Во всякомъ опытѣ электролиза обнаруживается то особенное явленіе, что разложеніе электролита происходитъ лишь около электродовъ, а не во всей массѣ жидкости, причемъ одни изъ элементовъ, образующихъ жидкость, выделяются на одномъ электродѣ, а другіе — на другомъ. Эти два рода продуктовъ разложенія Фарадеомъ названы *ионами* \*\*\*\*\*), и въ частности тотъ, который выделяется на анодѣ—*аніономъ*, а выделяющійся на катодѣ—*катіономъ*.

Жидкости въ собственномъ смыслѣ, какъ вода, алкоголь, эфиръ, бензинъ и т. п., въ чистомъ состояніи не пропускаютъ сквозь себя тока, т.-е. въ сущности не замыкаютъ собою цѣпи, при отсутствіи же тока онъ, очевидно, и не могутъ подвергаться разложенію. Происходитъ электролизъ исключительно въ соляхъ (и кислотахъ), находящихся въ расплавленномъ или растворенномъ состояніи, а также въ нѣкоторыхъ двойныхъ соединеніяхъ въ такомъ же состояніи.

Чисто опытное изученіе явленій электролиза показываетъ, что эти явленія подчиняются нѣкоторымъ законамъ. Если электролизъ той или иной расплавленной соли производятъ въ такомъ сосудѣ и съ такими электродами, которые не могутъ измѣняться ни солью, ни продуктами ея разложенія, то оказывается, что при всякой соли, металлъ, исходящій изъ составъ ея, выделяется на отрицательномъ электроде, а металлическая часть—на положительномъ.

Для опыта можно брать такой аппаратъ, въ какомъ Фарадей производитъ электролизъ хлористаго олова (фиг. 272). Въ дно стеклянной трубки впаиваютъ одинъ изъметъ на серебро вообще, а 108 граммовъ серебра; Fe обозначаетъ 26 граммовъ жѣлѣза, Cu—31,5 грамма меди. Эти вѣсовые количества, приведенныя въ столбцахъ (2), суть *химическіе эквиваленты* [для простоты, очевидно, авторъ не говоритъ объ атомныхъ вѣсахъ] простыхъ тѣлъ; говорить о нихъ подробно—здѣсь не мѣсто.

Каждому сложному тѣлу, иначе—химическому соединенію, соответствуетъ извѣстная формула; такъ формула воды есть  $H_2O$  [такова *эквивалентная* формула; въ химіи чаще пользуются *атомной* формулой  $H_2O$ , показывающей атомный составъ воды.—Пер.] и эта формула прежде всего указываетъ, что вода есть двойное соединеніе, состоятъ изъ двухъ элементовъ—водорода (H) и кислорода (O): въ то же время формула показываетъ, что въ 9 грамматъ воды содержится 1 граммъ водорода и 8 граммовъ кислорода.

Формула поваренной соли есть  $NaCl$ . Это значить, что въ 78,5 грамма поваренной соли содержится 23 гр. натрія и 35,5 гр. хлора. Жѣдный (синій) купоросъ, или сѣрно-жѣзная соль, имѣетъ формулу  $CuSO_4$ , т. е. это тройное тѣло, состоящее изъ жѣды, сѣры и кислорода, причемъ 79,5 гр. жѣднаго купороса соответствуетъ: 16 гр. сѣры,  $4 \times 8 = 32$  гр. кислорода и 31,5 гр. жѣды.

Металлоиды при соединеніи съ водородомъ и кислородомъ даютъ тѣла называемыя *кислотами*. Такъ, сѣра (S) даетъ сѣрную кислоту ( $H_2SO_4$ ) [и здѣсь, естественно, приводится эквивалентная формула сѣрной кисл., а не атомная— $H_2SO_4$ ].—Пер.] а азотъ (N)—азотную кислоту ( $HNO_3$ ). Кислоты имѣютъ свойство *окрашивать синій лакмусовый настой въ красный цвѣтъ*. Металлы образуютъ съ кислородомъ такъ-называемыя *окислы*, изъ которыхъ большая часть *возстанавливаетъ первоначальный синій цвѣтъ лакмусоваго настоя*, если этотъ послѣдній *предварительно былъ окрашенъ въ красный цвѣтъ* кислотой: окислы иначе называются *основаніями*. При дѣйствіи на кислоты эти окислы, или основанія образуютъ конья тѣла, называемыя *солями*; напр., взаимодѣйствіе сѣрной кислоты и окиси жѣды даетъ сѣрножѣдную соль ( $CuSO_4$ ).

Крошъ кислотъ и солей, содержащихъ кислородъ, или *кислородныхъ*, есть и такія кислоты и соли, которыя кислорода не содержатъ: таковы именно *хлороидныя* кислоты и соли, состоящія изъ какого-либо галоида (галоиды называются слѣдующіе металлоиды: хлоръ—Cl, бромъ—Br, іодъ—J и фторъ—F) и водорода (кислоты) или металла (соли). Сюда принадлежатъ, напр., хлористоводородная, или соляная кислота—HCl и хлористый натрій, или поваренная соль NaCl.

Соли плавятся подъ вліяніемъ болѣе или менѣе высокой температуры и растворяются въ водѣ: чѣмъ больше соли содержится въ данномъ количествѣ раствора, тѣмъ этотъ послѣдній концентрированнѣе.

\*) Отъ греч. *ἤλεκτρον* (электронъ) и *λύω* (ліо)—разлагаю.

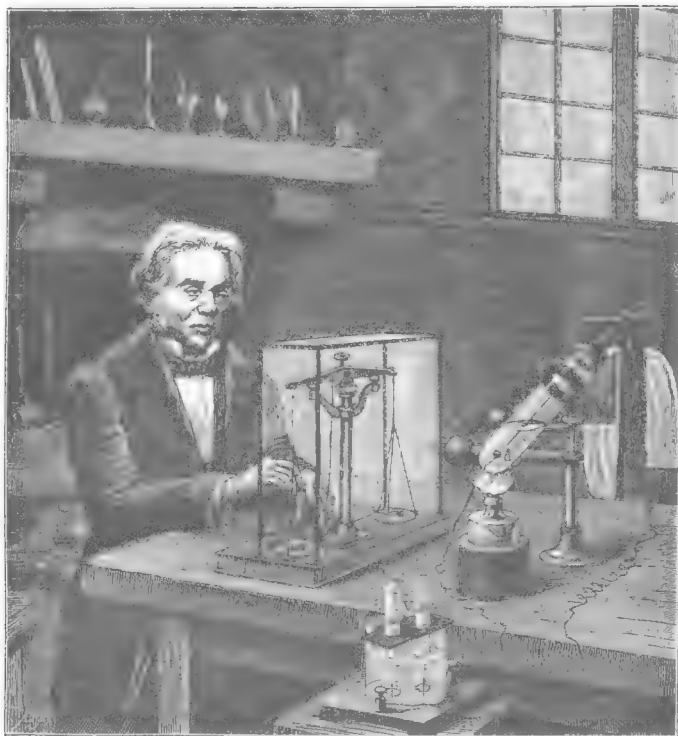
\*\*) Отъ греч. *ἤλεκτρον* и *ὅδος* (ходость)—путь.

\*\*\*) Отъ греч. *ἀνω* (ан) —вверхъ.

\*\*\*\*) Отъ греч. *κάτα* (ката)—внизъ.

\*\*\*\*\*) Отъ греч. *ἰών* (іонъ)—идущій.

платиновый электродъ, который соединяютъ съ отрицательнымъ полюсомъ гальваническаго элемента; трубку нагреваютъ спиртовой лампочкой или Бунзеновой горѣлкой, для поддержанія въ расплавленномъ состояніи вещества, положеннаго въ трубку; наконецъ, токъ вводится въ послѣднюю другимъ электродомъ *b* изъ графита, соединеннымъ съ положительнымъ полюсомъ элемента и погруженнымъ въ жидкость сверху. Въ опытѣ Фарадея отрицательный электродъ, оканчивавшійся шарикомъ *a*, покрывался металлическимъ осадкомъ, а на положительномъ всегда



Фиг. 272.—Фарадей, устанавливающий основной законъ электролиза.

выдѣлялся хлоръ. При разложеніи въ подобномъ аппаратѣ не хлористаго олова а сѣрнокислой или другой какой-либо кислородной соли, катодъ опять-таки покрывается слоемъ металла, а на анодѣ собирается неметаллическая часть соли. Такимъ же образомъ разлагаются многочисленные двойные соединенія, именно окислы; такъ, при электролизѣ расплавленныхъ окиси калия или натрія, на отрицательномъ электродѣ отлагается металлъ (калій, натрій) и тотчасъ же сгораетъ въ окружающемъ воздухѣ, вновь превращаясь въ окисъ, между тѣмъ какъ на положительномъ электродѣ всегда выдѣляется кислородъ. Къ указанному факту мы еще вернемся ниже, когда будемъ говорить о примѣненіяхъ электролиза.





выделяя кислородъ, такъ что на положительномъ электродѣ въ свободномъ состояніи чаще всего находится только кислородъ; напр., при электролизѣ сѣрномѣдной соли на отрицательномъ электродѣ получимъ отложение мѣди, а у положительнаго будетъ происходить образованіе сѣрной кислоты съ освобожденіемъ кислорода. По той же причинѣ, сли будемъ разлагать токомъ растворъ сѣрной или фосфорной кислоты, на катодѣ будетъ выделяться водородъ, а на анодѣ, благодаря присутствію воды, вновь образовываться кислота съ освобожденіемъ кислорода. Вслѣдствіе этихъ вторичныхъ реакцій, при помощи незначительнаго количества кислоты можетъ быть разложено неограниченное количество воды, что заставило Карлейля и Никольсона, — ученыхъ, впервые производившихъ этотъ опытъ въ 1800 г., — думать, что кислота въ разложеніи не участвуетъ, а только дѣлаетъ воду проводимомъ.

Вотъ еще интересный примѣръ вторичныхъ дѣйствій. Въ опытѣ разложенія сѣрномѣдной соли мы предполагали, что электроды—платиновые. Въ этомъ случаѣ на анодѣ вновь образуется сѣрная кислота и освобождается кислородъ. Если же электроды будутъ не платиновые, а изъ такого металла, который *изменяется отъ дѣйствія сѣрной кислоты*, напр., изъ мѣди, то радикалъ  $SO_4$ , по мѣрѣ своего освобожденія, будетъ вступать въ химическое соединеніе съ мѣдью анода, и давать сѣрномѣдную соль ( $CuSO_4$ ), которая и будетъ прибавляться къ первоначально взятому количеству той же соли. *Анодъ будетъ, слѣдовательно, терять часть мѣди*, онъ будетъ, частью *растворяться*. Въ этомъ опытѣ кажется, будто мѣдь *переносится* токомъ съ одного электрода на другой въ направленіи тока, т.-е. съ анода на катодъ. На этомъ-то, *раствореніи* анода основана *каванопластика*.

Бываютъ и такіе случаи, когда тотъ или другой электродъ, не измѣняясь продуктами разложенія, имѣетъ способность вбирать въ себя одинъ изъ послѣднихъ. Такой способностью обладаетъ металлъ *палладій*, который поглощаетъ около 900 объемовъ водорода, образуя сперва определенное химическое соединеніе — водородный палладій ( $Pd^H$ ), а затѣмъ истинный сплавъ. Это свойство палладія обнаружилъ впервые Грэгемъ въ 1864 г. при разложеніи разведенной сѣрной кислоты, покрывъ катодъ изъ палладія лакомъ. Такъ какъ поглощать H могла только сторона, непокрытая лакомъ и увеличеніе объема происходило только на этой сторонѣ, то пластинка палладія искривлялась и даже закручивалась лакированной стороной кнутри.

Вслѣдствіе вторичныхъ дѣйствій происходитъ и то, что при электролизѣ зеленого желѣзнаго купороса (сѣрнокислѣистой соли) эта соль желтѣетъ на анодѣ: соединяясь съ выделяющимся здѣсь кислородомъ, она переходитъ въ сѣрнокислѣвую соль. Наоборотъ, эта послѣдняя даетъ, при электролизѣ, на катодѣ зеленую сѣрнокислѣистую соль, происходящую отъ возстановленія сѣрнокислѣвой соли металлическимъ желѣзомъ, осаждающимся на этомъ электродѣ.

Въ силу подобныхъ же реакцій нѣкоторые металлы въ иныхъ случаяхъ осаждаются на катодѣ въ чистомъ видѣ, а въ видѣ окисловъ; такъ, напр., свинецъ и марганецъ при слабыхъ токахъ появляются на катодѣ въ видѣ оки-



Фиг. 274.—Электролизъ сѣрнокислѣвой соли. Въ N видны куски названной соли.

словъ, между тѣмъ какъ подъ вліяніемъ сильныхъ токовъ они выделяются нормально—въ видѣ чистыхъ металловъ.

Укажемъ еще на одну весьма важную вторичную реакцію, имѣющую мѣсто при электролизѣ солей щелочныхъ металловъ. Введемъ въ изогнутую, U-образную трубку (фиг. 274) растворъ сѣрнокаліевой соли, окрашенный фіалковымъ настоємъ (имѣсто соли калия, можно взять соль натрія). Когда пропустимъ токъ, въ оба колѣна трубки, жидкость въ колѣнѣ, соотвѣтствующемъ аноду А, покраснѣетъ, что указываетъ на образование здѣсь кислоты, съ необходимымъ освобожденіемъ кислорода, а въ томъ колѣнѣ, куда помѣщенъ катодъ В, она позеленѣетъ—при выдѣленіи водорода, что служитъ указаніемъ на образованіе щелочи. Это образованіе изъ сѣрнокаліевой соли, съ одной стороны, сѣрной кислоты, а, съ другой—окиси калия происходитъ, очевидно, благодаря взаимодействию между первичными продуктами электролиза и водою; именно, образованіе кислоты на анодѣ объясняется здѣсь такъ же, какъ и въ предыдущихъ примѣрахъ, а образованіе окисла есть слѣдствіе извѣстной способности щелочныхъ металловъ разлагать воду при обыкновенной температурѣ; выдѣляясь, на катодѣ, металлъ, естественно, не можетъ оставаться въ такомъ видѣ въ присутствіи воды и тотчасъ же разлагаетъ эту послѣднюю, соединяясь съ ея кислородомъ въ окись и освобождая водородъ. Для изысканія выдѣляющагося калия отъ дѣйствія воды пользуются ртутнымъ катодомъ: въ моментъ своего выдѣленія калий растворяется въ ртути, образуетъ съ нею однородный сплавъ и, благодаря этому, уже не можетъ подвергаться дѣйствію воды.

Примѣръ подобнаго вторичнаго разложенія можно бы указать сколько угодно. Но приведенныхъ уже достаточно для того, чтобы составить себѣ надлежащее представленіе о характерѣ всѣхъ реакцій, совершающихся по такому типу и вмѣстѣ съ тѣмъ оцѣнить ихъ историческое значеніе.

Познакомившись съ качественными законами электролиза, перейдемъ теперь къ разсмотрѣнію тѣхъ, установленныхъ Фарадеемъ, законовъ, которыми опредѣляются количества электролитовъ, разлагаемыхъ въ опредѣленный промежутокъ времени различными токами. Для этого намъ нужны только два простыхъ прибора: во-первыхъ, сосудъ, уже описанный при опытѣ электролиза разведенныхъ солей, и, во-вторыхъ, вольтметръ V (фиг. 275), снабженный калиброванными трубками (т.-е. трубками, раздѣленными на части равной емкости), необходимыми для измѣренія объемовъ выдѣляющихся газовъ. Первый относящійся сюда законъ, выведенный Фарадеемъ изъ непосредственнаго опыта, состоитъ въ слѣдующемъ:

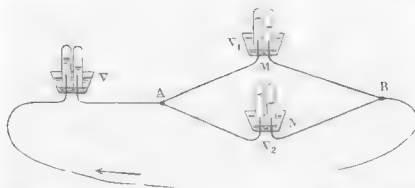
*Токъ определенной силы за извѣстный промежутокъ времени освобождаетъ всегда одно и то же количество водорода.* Для доказательства этого Фарадей одновременно вводилъ въ цѣпь нѣсколько вольтметровъ, содержавшихъ разведенную сѣрную кислоту, и тогда оказывалось, что по истеченіи извѣстнаго времени во всѣхъ вольтметрахъ, независимо отъ ихъ объема, находились одинаковыя количества освобожденнаго водорода.

Подобнаго рода опыты требуютъ особенныхъ предосторожностей въ виду ошибокъ, могущихъ произойти вслѣдствіе тѣхъ или иныхъ вторичныхъ дѣйствій, вслѣдствіе поглощенія газа электродами. Маскаръ показывалъ, что лучше всего подвергать электролизу весьма разведенный растворъ фосфорной кислоты, употребляя въ качествѣ электродовъ платиновыя проволоки, входящія въ трубочки только своими концами; благодаря этому, избѣгаются, съ одной стороны, вторичныя дѣйствія, наблюдаемая при разложеніи сѣрной кислоты (образованіе перекиси водорода, озона), а съ другой—потеря газа чрезъ поглощеніе платиновыми электродами до минимума.

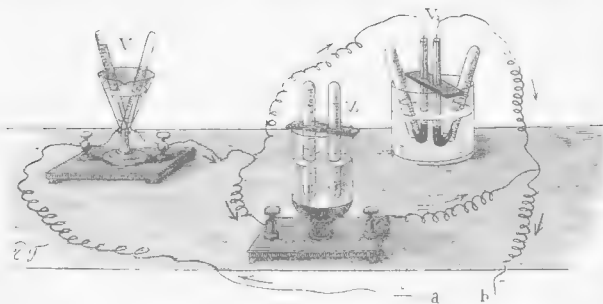
Обратимся теперь къ второму закону электролиза. Возьмемъ, какъ дѣлалъ Фарадей, три одинаковыхъ вольтметра (разумѣя подъ одинаковыми вольтметрами такіе, которые, будучи введены въ одну и ту же цѣпь и наполнены однимъ и тѣмъ же электролитомъ, въ теченіе одинаковаго времени даютъ равныя

количества водорода), и введем эти вольтметры в такую цепь, которая в точке А раздѣляется на двѣ другія цепи, АМВ и АNВ, называемыя отвлѣтвленіями. Пусть вольтметр V введенъ въ главную цепь, а вольтметры  $V_1$  и  $V_2$  — въ отвлѣтвленія. Первоначальный токъ распадается при этомъ на два такъ-называемые отвлѣтвленные токи, которые, по симметріи, будутъ одинаковой силы, равной половинѣ силы главнаго тока. Помощью такого расположенія мы убѣдимся, что въ данный промежутокъ времени въ вольтметрахъ  $V_1$  и  $V_2$  выдѣлится одинаковыя количества водорода, при чемъ въ каждомъ вольтметрѣ будетъ находиться ровно половина того, что содержится въ главномъ вольтметрѣ V.

Такимъ же образомъ, если будемъ имѣть не два, а три, четыре и больше равныхъ отвлѣтвленій, то каждый изъ отвлѣтвленныхъ вольтметровъ будетъ заключать третью, четвертую и т. д. соответственно меньшую часть того количества водорода, какое будетъ содержаться въ главномъ вольтметрѣ. Но и въ случаѣ неодинаковыхъ вольтметровъ сумма количествъ водорода, освобожденныхъ въ  $V_2$  и  $V_3$ , все-таки равна количеству водорода въ вольтметрѣ  $V_1$  (фиг. 276). Такимъ образомъ мы получаемъ возможность сравнивать между собой различныя токи по ихъ разлагающему дѣйствию на одинъ и тотъ же электролитъ, причемъ очевидно, что одинъ токъ можно считать вдвое, втрое сильнѣе другого, если онъ въ теченіе одного и того же времени освобождаетъ вдвое, втрое большее



Фиг. 275. — Отвлѣтвленные вольтметры.



Фиг. 276. — Объемъ водорода, освобождающагося въ вольтметрѣ  $V_1$ , введенномъ въ главную цепь, равенъ суммѣ объемовъ водорода, выдѣляющагося въ отвлѣтвленныхъ вольтметрахъ  $V_2$  и  $V_3$ .

количество водорода, нежели другой; другими словами, сила тока можетъ быть измѣряема числами, пропорціональными тѣмъ объемамъ водорода, которые освобождаются токами въ теченіе опредѣленнаго промежутка времени. Принимая за единицу силу такого тока, который въ одну секунду освобождаетъ 1 граммъ водорода, мы можемъ выразить въ такихъ единицахъ силу различныя токовъ; для каждаго тока число такихъ единицъ будетъ равно числу граммовъ освобожденнаго имъ водорода.

Опытъ показываетъ, что это опредѣленіе силы тока, если не считать одного

постояннаго множителя, въплоть согласуется \*) съ общепринятымъ опредѣленіемъ, основаннымъ на явленіяхъ электромагнетизма.

Итакъ, электролизъ водныхъ растворовъ кислотъ указалъ намъ на соотношеніе между силою тока и количествомъ освобожденнаго водорода. Фарадей не замедлилъ распространить свои опыты на расплавленные соли, поставивъ себѣ цѣлью опредѣлить, существуетъ ли также зависимость между силою тока и вѣсомъ освобожденнаго металла. Вотъ способъ, который онъ употребляетъ для рѣшенія этого вопроса. Въ цѣль вводятъ одновременно вольтметръ  $V$  (фиг. 272), содержащій, напр., весьма разведенную фосфорную кислоту, и трубку  $a b$ , какую мы брали для электролиза расплавленныхъ солей; въ этой трубкѣ находится кака-нибудь соль, поддерживаемая въ расплавленномъ состояніи при помощи спиртовой лампочки. Проходя одновременно чрезъ оба электролита, токъ освобождаетъ въ  $V$  водородъ, а въ  $a$  — металлъ. Опредѣливъ изъ объема выдѣливаемаго водорода вѣсъ послѣдняго  $P$  (этотъ вѣсъ пропорціоналенъ силѣ тока), находимъ затѣмъ непосредственнымъ взвѣшиваніемъ вѣсъ  $P'$  выдѣливаемаго на  $a$  ме-

талла. Какъ показываетъ опытъ, отношеніе  $\frac{P'}{P}$  остается постояннымъ для одного и того же металла, какова бы ни была сила проходящаго тока, и, по вычисленію, оказывается совершенно равнымъ химическому эквиваленту даннаго металла (см. таблицу эквивалентовъ въ примѣчаніи къ стр. 271). Въ виду этого Фарадей назвалъ отношеніе  $\frac{P'}{P}$  (отношеніе вѣса осажденнаго металла къ вѣсу выдѣливаемаго водорода) *электрохимическимъ эквивалентомъ* металла. Такой эквивалентъ, слѣдовательно, показываетъ сколько граммовъ металла соответствуетъ при электролизѣ одному грамму водорода \*\*). Такъ какъ эти электрохимическіе эквиваленты тождественны съ химическими эквивалентами тѣлъ, то законъ Фарадея можетъ быть выраженъ слѣдующимъ образомъ:

*При разложеніи нѣсколькихъ расплавленныхъ или растворенныхъ солей однимъ и тѣмъ же токомъ, каждое металла выдѣлится тѣсвое количество, пропорціональное его химическому эквиваленту.*

Но такимъ образомъ выраженный, законъ Фарадея въ нѣкоторыхъ случаяхъ представляется неточнымъ. Такъ, при электролизѣ двухъ солей, образованныхъ однимъ и тѣмъ же металломъ и той же кислотой, но имѣющихъ неодинаковый составъ, на электродахъ выдѣляются неодинаковыя количества металла; напр., въ случаѣ электролиза однохлористой мѣди ( $\text{CuCl}$ ) и двухлористой мѣди  $\text{CuCl}_2$ , эти количества относятся, какъ 1 къ 2.

Эд. Беккерель показалъ, что на каждый эквивалентъ водорода, освобожденный въ вольтметрѣ съ подкисленной водой, всегда приходится одинъ эквивалентъ хлора или кислоты, выдѣленныхъ на анодѣ вольтметра, содержащаго одно- или двухлористую мѣдь, или, коротко говоря, что *закону эквивалентовъ подчиняются металлоиды*. Однако-же, и это правило допускаетъ исключенія; такъ, по изслѣдованіямъ Видемана оказалось, что въ электролизѣ фосфорнатровыхъ солей *законъ эквивалентовъ опять-таки относится къ металлу*. Наконецъ, разлагая смѣси различныхъ солей, Маттеуччи показалъ, что въ однихъ случаяхъ разлагается только одна изъ содержащихся въ смѣси солей, въ другихъ же случаяхъ — на катодѣ осаждается смѣсь всѣхъ взятыхъ для опыта металловъ, но тогда каждый изъ послѣднихъ доставляетъ только часть своего эквивалента, между тѣмъ какъ въ вольтметрѣ съ подкисленной водой на катодѣ выдѣляется цѣлый эквивалентъ водорода; при этомъ, однако-же, оказалось, что *сумма частей эквивалента, доставляемыхъ разными взятыми металлами, равна единицѣ*.

\*) По новѣйшимъ изслѣдованіямъ Маскара, токъ въ 1 амперъ выдѣляетъ въ 1 секунду 0,000,010,415  $\frac{1}{100000}$  грам. водорода; стало быть, для выдѣленія въ 1 сек. одного грамма водорода требуется 96000 амперовъ.

\*\*) Отсюда слѣдуетъ, что, если выражать силу тока въ амперахъ, то вѣсъ металла, выдѣленный 1 амперомъ, будетъ составлять  $\frac{1}{96000}$  Е, гдѣ Е означаетъ химическій эквивалентъ даннаго металла.

Электролиз солей иногда усложняется явлениемъ, известнымъ подъ названіемъ *переноса ионовъ*. Возьмемъ болѣешихъ размѣровъ вольтметръ, электроды котораго удалены другъ отъ друга настолько, что ихъ можно раздѣлить пористою перегородкою. Если перегородка раздѣляетъ вольтметръ на двѣ равныя части, и мы разлагаемъ, напр., сѣрнокаліевую соль, то окажется, что въ каждой половинѣ будетъ недоставать полуэквивалента электролита, вѣзъмъ чего выдѣлится: эквивалентъ сѣрной кислоты на анодѣ и эквивалентъ окиси калия на катодѣ. Таковъ нормальный случай электролиза. При разложеніи же нѣкоторыхъ другихъ солей замѣчается слѣдующая особенность. Взявъ, напр., *растворъ* хлористаго калия, увидимъ, что во время прохожденія тока происходитъ не только разложеніе электролита, но и измѣненіе концентраціи жидкости—увеличеніе концентраціи у катода и уменьшеніе ея у анода, т. е. какъ бы происходитъ перенесеніе соли отъ одного полюса къ другому, по направленію тока. Замѣтимъ, что указаннаго явленія никогда не бываетъ въ случаѣ *растворенныхъ* солей.

Для объясненія его предложено двѣ гипотезы. Гитторфъ предполагаетъ, что причиною его служатъ неодинаковая скорость передвиженія ионовъ чрезъ электролитъ. Эта гипотеза не можетъ быть допущена. По другой гипотезѣ, электролитическая молекула тѣла иногда разнится отъ его химической молекулы, содержа, наприм., въ нѣсколько разъ большее количество вещества, нежели химическая, т. е. являясь полимеромъ \*) послѣдней. Тогда, если химическая молекула есть МА (гдѣ М означаетъ металл, а А—кислотный радикалъ), а электролитическая— $M^a A^b$ , то можно предположить, что электролизъ совершается по уравненію

$$M^a A^b = \frac{M^{a-1} A^{b-1} + A}{+} + \frac{M}{-},$$

гдѣ знаки + и — подъ чертою означаютъ положительный и отрицательный полюсы,—что равносильно переносу  $(p-1)$  химическихъ молекулъ взятой соли къ положительному полюсу за время разложенія одной электролитической молекулы.

Для солей же, при разложеніи которыхъ переноса не наблюдается, электролитическая молекула равна химической.

Посмотримъ теперь, что происходитъ въ самомъ элементѣ. Наблюдая Вольтову пару, Фарадей замѣтилъ, что за то время, за которое въ вольтметрѣ выдѣляется одинъ эквивалентъ водорода, въ парѣ растворяется какъ разъ одинъ эквивалентъ цинка. То же самое доказалъ и Даниэль—нѣсколько инымъ путемъ. Онъ бралъ элементъ, устроенный такъ, что водородъ, выдѣлявшійся, подъ влияніемъ тока, на мѣдной пластинкѣ, можно было непосредственно собирать въ трубки; этотъ элементъ онъ приводилъ въ сообщеніе съ вольтметромъ, содержащимъ разведенную сѣрную кислоту, и пропускалъ токъ въ теченіе нѣкотораго времени. Тогда онъ убѣждался, что элементъ и вольтметръ давали одно и то же количество водорода. Такимъ образомъ, можно сказать, что:

1) вѣса цинка, раствореннаго въ элементѣ, и водорода, за то же время выдѣленнаго въ вольтметрѣ, относятся между собою, какъ эквиваленты названныхъ двухъ химическихъ тѣлъ, и

2) въ каждомъ элементѣ разлагается такое же количество воды, какъ и въ вольтметрѣ.

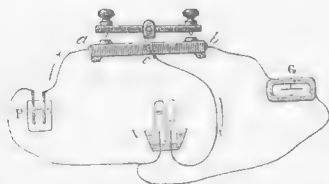
Такъ какъ водородъ, какъ въ элементѣ, такъ и въ вольтметрѣ, всегда выдѣляется на *электродѣ, выходящемъ токъ*, а направленіе тока внутри элемента обратно направленію его во внѣшней части цѣпи, т. е. токъ идетъ отъ отрицательнаго полюса къ положительному, то послѣдній и будетъ служить для элемента катодомъ.

Въ виду того, что химическія разложенія могутъ совершаться только вслѣдствіе преобразованія нѣкотораго количества энергіи, а единственнымъ источ-

\*) Отъ греческихъ словъ *полύς* (полнѣе) и *μέρος* (жирость)—часть.

никомъ энергіи въ занимающихъ насъ явленіяхъ, служить гальваническій элементъ, то необходимо думать, что энергія химическихъ разложеній сполна производится элементомъ. Для обнаруженія этого Фавръ придумалъ слѣдующій изысканный опытъ. Берутъ два муфеля (муфель есть глиняный полуцилиндрическій сосудъ) и въ одинъ изъ нихъ помѣщаютъ Вольтову пару (цинкъ и мѣдь въ подкисленной водѣ) а въ другой—проволоку, соединяющую оба полюса, и послѣдовательно вводятъ въ калориметръ сперва Вольтову пару, оставляя соединяющій проводникъ внѣ калориметра, затѣмъ одинъ этотъ проводникъ безъ пары и, наконецъ, пару вмѣстѣ съ соединительной проволокой. Если количество теплоты, развиваемой въ калориметрѣ въ первомъ случаѣ, т. е. тогда, когда въ калориметрѣ находится дѣйствующая пара, равно  $Q_1$ , а во второмъ случаѣ, т. е. вслѣдствіе отдачи калориметру теплоты нагреваемой проволокой, оно равно  $Q_2$ , то помѣщеніе въ калориметрѣ пары вмѣстѣ съ проводникомъ даетъ количество  $Q$ , которое оказывается равнымъ  $Q_1 + Q_2$ .

Произведя рядъ опытовъ съ различными проводниками при одномъ и томъ же элементѣ, найдемъ, что количество  $Q$  остается почти неизмѣннымъ, т. е. что съ уменьшеніемъ  $Q_2$  увеличивается  $Q_1$ , и наоборотъ.  $Q$  есть общее количество теплоты, развиваемое совершающимися въ элементѣ химическими дѣйствіями. Такимъ же путемъ можно убѣдиться что теплота, потребная для химическихъ разложеній, заимствуется у элемента. Для этого достаточно помѣстить нѣсколько элемен-



Фиг. 277.—Опытъ, показывающій поляризацию электродовъ.

товъ въ одинъ муфель, а въ другой муфель ввести вольтметръ, и соединить послѣдній съ элементами. Тогда увидимъ, что калориметръ отъ всего, что въ немъ помѣщено, получаетъ меньшее количество теплоты, чѣмъ отъ совокупности всѣхъ элементовъ, но безъ вольтметра, причемъ разность будетъ равна какъ разъ тому количеству теплоты, какое должно было быть затрачено на разложеніе данного количества электролита въ вольтметрѣ.

Намъ остается рассмотреть еще одно явленіе. Мы видѣли, что при прохожденіи тока чрезъ тотъ или иной электролитъ металлъ увлекается къ отрицательному электроду, а кислотный радикалъ, къ положительному, и въ результатъ происходитъ накопленіе продуктовъ разложенія на самыхъ электродахъ или въ непосредственномъ съ ними соприкосновеніи. Опытъ показываетъ (фиг. 277), что если въ это время элементъ  $P$  замѣнять какимъ-либо снарядомъ, способнымъ обнаружить присутствіе электрическаго тока, наприм., гальванометромъ  $G$ , то стрѣлка гальванометра отклонится, указывая на прохожденіе тока, по направленію, обратному первоначальному току. Но въ то же время будетъ происходить воссоединеніе продуктовъ разложенія, т. е. они будутъ покидать соотвѣтствующіе электроды, вновь соединяясь между собой въ вещество электролита, и вслѣдствіе этого новый токъ будетъ ослабѣвать, будетъ продолжаться только до тѣхъ поръ, пока электроды будутъ находиться въ соприкосновеніи съ тѣмъ или инымъ количествомъ ионовъ. Электроды, измѣненные дѣйствіемъ первоначальнаго тока, называютъ *поляризованными*, а электродающую силу, энергію, истекающую отъ поляризаціи электродовъ, называютъ *электродвижущую силою поляризаціи*. Такъ какъ эта электродвижущая сила производитъ

токъ, обратный первичному, то сила послѣдняго должна уменьшаться. Такъ на дѣлѣ и происходитъ, и если гальваническій элементъ сообщить съ гальванометромъ, представляющимъ большое сопротивленіе (т. е. съ такимъ, у котораго на рамкѣ намотана длинная и тонкая проволока), и съ вольтметромъ, то сила первичнаго тока станетъ все болѣе убывать, до тѣхъ поръ, пока не сдѣлается постоянной, что произойдетъ тогда, когда электродвижущая сила поляризаціи достигнетъ своей наибольшей, предѣльной величины. Опытъ показываетъ, что, если измѣнить только направленіе первичнаго тока, то измѣнится и направленіе



Фиг. 278.—Капиллярный электрометръ Липманъ.

электродвижущей силы поляризаціи, но величина ея останется при этомъ неизмѣнною; если же возьмемъ электроды изъ другого вещества или измѣнимъ ихъ размѣры, то измѣнится самая величина этой электродвижущей силы; съ другой стороны, сила поляризаціи для даннаго элемента остается неизмѣнною, если площадь катода измѣняется въ одномъ отношеніи съ силою первичнаго тока; слѣдовательно, въ отношеніи къ поляризаціи полезно уменьшать плотность тока, т. е. силу тока на единицу площади электродовъ.

Любопытное примѣненіе *поляризаціи электродовъ* сдѣлано Липманомъ. Въ подкисленную (сѣрною кислотой) воду, налитую поверхъ слоя ртути (Фиг. 278), содержащейся въ сосудѣ О, погрузить очень вытянутый конецъ вертикальной трубки Е, также содержащей ртуть. Слой ртути, заключающійся въ этомъ вытянутомъ концѣ, оканчивается внизу сферическою ртутною поверхностью (менискомъ), ко-



торая поддерживает его, играя роль какъ бы перепонки. Если оба ртутные слоя соединить посредствомъ проволокъ *da* и *cb* съ полюсами элемента, то обѣ ртутныя поверхности, служащая здѣсь электродами, поляризуются и ртуть въ трубкѣ *E* точно такъ же повышается. Помощью микроскопа *M* можно наблюдать при этомъ исчезаніе мениска. Чтобы привести менискъ въ его начальное положеніе, требуется произвести нѣкоторое давленіе на поверхность ртути въ трубкѣ *E*, болѣе или менѣе сжать воздухъ въ этой послѣдней. Такимъ образомъ, при помощи описаннаго аппарата обнаруживается та незначительная разность потенциаловъ, которая существуетъ между двумя точками, къ которымъ примыкаютъ проводники *da* и *cb*. Оттого этотъ снарядъ, названный *капиллярнымъ электрометромъ*, весьма употребителенъ при электрическихъ измѣреніяхъ.

При описаніи Эдиссонова *мотографа* мы уже видѣли, какимъ образомъ поляризація двухъ электродовъ, могущихъ двигаться другъ около друга, измѣняетъ треніе, происходящее между нихъ поверхностями.

Наконецъ, упомянемъ еще о *вліяніи света* на поляризацію электродовъ. Если въ качествѣ электрода взять серебряную пластинку, покрытую слоемъ сѣрнястаго серебра, и періодически ее освѣщать, то также періодически будетъ измѣняться и сила тока, благодаря чему будетъ приводиться въ дѣйствіе введенный въ цѣпь телефонъ. На этомъ именно началъ основанъ *электрооптический радиоболъ* Меркадзе и Шаперона.

Необходимо замѣтить, что при электролизѣ солей между электродами сдѣланными изъ того же металла, какой входитъ въ составъ данной соли, поляризація не происходитъ. Такъ, наприм., ея не бываетъ при разложеніи какой-нибудь мѣдной соли между мѣдными электродами; въ такомъ разложеніи все сводится къ переносу металла съ одного электрода на другой, что не создаетъ никакой дисиметріи, никакой разности между электродами. Это можетъ быть доказано путемъ опыта, по крайней мѣрѣ, въ тѣхъ случаяхъ, когда главный токъ не отличается слишкомъ большою силою.

Явленіе *поляризаціи электродовъ* позволяетъ устривать настоящіе *вторичные элементы*, заимствующіе свою энергію у тѣхъ элементовъ, дѣйствіемъ которыхъ производится электролизъ, т. е. у *первичныхъ*. Типы такихъ элементовъ и образующихъ изъ нихъ батарей довольно многочисленны. Здѣсь мы ограничимся указаніемъ на *газовую батарею Грובה*. Она состоитъ изъ нѣскаго числа сосудовъ, въ которые погружены по двѣ стеклянныхъ трубочки съ платиновыми пластинками внутри, занимающими всю длину трубочекъ. Сосуды и трубочки содержатъ разведенную сѣрную кислоту и соединяются съ первичнымъ элементомъ, такъ что каждый сосудъ дѣйствуетъ, какъ вольтметръ. Въ тотъ моментъ, когда трубочки выполняются газами, сообщеніе съ первичнымъ элементомъ прерывается и сосуды соединяютъ въ послѣдовательную или параллельную батарею совершенно такъ, какъ обыкновенные элементы.

Весьма многочисленныя примѣненія законовъ электролиза все могутъ быть подведены подъ двѣ категоріи: къ первой принадлежатъ способы опредѣленія количественнаго содержанія веществъ въ растворахъ, основанные на законахъ Фарадея; другую категорію составляютъ важныя приложенія къ промышленности, каковы: очищеніе спирта для приданія ему хорошаго вкуса, очистка или выдѣленіе различныхъ химическихъ тѣлъ (мѣди, алюминія, фтора), гальванопластика, золоченіе, серебреніе и т. д.; наконецъ, съ цѣлью воспользоваться вторичными токами устриваются весьма употребительныя въ практикѣ аппараты, извѣстныя подъ названіемъ *аккумуляторовъ* (запасателей), которые суть не что иное, какъ вторичныя батареи.

Мы рассмотримъ вкратцѣ лишь наиболѣе интересныя изъ названныхъ приложеній. Изъ всѣхъ электрохимическихъ приборовъ, служащихъ для измѣренія силы тока, практичнымъ можетъ считаться только *измѣритель Эдиссона*; но и этотъ снарядъ даетъ удовлетворительные результаты лишь при соблюденіи многихъ предосторожностей. Въ существенномъ онъ состоитъ изъ двухъ

вольтметровъ съ цинковыми катодами, рассчитываемыхъ, путемъ введенія въ цѣпь соответствующихъ сопротивленій, на прохожденіе лишь  $\frac{1}{100}$  или  $\frac{1}{1000}$  доли всего тока, для того, чтобы не приходилось взвѣшивать слишкомъ тяжелыхъ отложений. Черезъ двѣ недѣли производятъ одно измѣреніе, а еще черезъ двѣ — другое, контрольное: цинковый катодъ промываютъ сначала въ водѣ, затѣмъ въ спиртѣ, для устраненія всякаго окисленія, высушиваютъ и взвѣшиваютъ. Въ ящикѣ, въ которомъ помѣщены вольтметры, находится лампочка накаливанія, приходящая въ сообщеніе съ цѣпью лишь при паденіи окружающей температуры ниже извѣстнаго предѣла, и такимъ образомъ служащая для нагреванія всего аппарата и предотвращающая замерзаніе жидкости въ вольтметрахъ.

Совершенно на томъ же принципѣ основанъ и другой измѣрительный приборъ, принадлежащій также Эдиссону. Здѣсь оба вольтметра привѣшены на концахъ коромысла вѣсовъ и устроены такъ, что когда въ одномъ изъ нихъ происходитъ отложеніе нѣкотораго количества электролита, другой въ это время теряетъ какъ разъ столько же; другими словами, въ то время, когда цинковая пластинка въ одномъ вольтметрѣ служитъ катодомъ, такая же пластинка въ другомъ служитъ анодомъ. Кромѣ того, вѣсы установлены такъ, что коромысло приходитъ въ каченіе каждый разъ, когда равнство вѣса между двумя цинковыми пластинками достигаетъ опредѣленной величины (наприм., 1 грамма). Качаніе коромысла подвигаетъ указательную стрѣлку на одно дѣленіе впередъ и въ то же время измѣняетъ направленіе тока въ вольтметрахъ, такъ что тотъ вольтметръ, который прибавился въ вѣсѣ, начинаетъ терять въ немъ, и наоборотъ. Такимъ образомъ, этотъ измѣритель можетъ дѣйствовать неопредѣленно долгое время. Однако-жъ этотъ остроумный снарядъ въ практику не вошелъ.

Электролитическія свойства тока служатъ также для раздѣленія и даже опредѣленія количественнаго содержанія различныхъ металловъ въ соответствующихъ имъ соляныхъ растворахъ. При этомъ пользуются тѣмъ, что одни металлы, какъ, напр., золото, платина, ртуть, серебро, осаждаются путемъ электролиза только изъ очень кислыхъ растворовъ, между тѣмъ какъ другіе, наприм., кадмій, цинкъ, кобальтъ, никкель, — только изъ среднихъ или щелочныхъ; третій же, наконецъ, осаждаются на катодѣ въ видѣ перекисей: таковы, наприм., свинецъ и марганецъ.

Въ лабораторіяхъ, гдѣ электролитическій анализъ производится въ большихъ размѣрахъ, въ качествѣ генераторовъ преимущественно употребляются динамо-машинны, съ постояннымъ токомъ, о которыхъ будемъ говорить впоследствии. Выбираются обыкновенно такіе, которые способны выдѣлять въ теченіе четырехъ часовъ 1 граммъ мѣди. Различные металлы осаждаются въ одной и той же жидкости въ порядкѣ ихъ химическаго сродства.

Изъ многочисленныхъ аппаратовъ, находящихся себѣ примѣненіе въ количественномъ электролитическомъ анализѣ, мы опишемъ только одинъ изъ наиболѣе употребительныхъ. Существенныя части его — это платиновый тигель, соединяемый съ однимъ изъ полюсовъ элемента, и погружаемый въ этотъ тигель опрокинутый конусъ, тоже изъ платины, приводимый въ сообщеніе съ другимъ полюсомъ элемента; на этомъ-то конусѣ и осаждается металлъ. Чтобы капельки жидкости не уносились отдѣляющимися газами, надъ всѣмъ приборомъ опрокидывается воронкообразный стеклянный сосудъ. Наконецъ, нагреваніе прибора производится въ водяной или песчаной банѣ (ваннѣ). До начала электролиза, конусъ промываютъ, высушиваютъ и взвѣшиваютъ; по окончаніи электролитической операціи, наступающей тогда, когда все взятое количество электролита оказывается разложившимъ, конусъ вынимается изъ тигля, промывается сначала въ водѣ, затѣмъ въ спиртѣ, высушивается и вторично взвѣшивается. Разность между полученнымъ теперь вѣсомъ и первоначальнымъ покажетъ вѣсъ выдѣленнаго металла. За послѣдніе годы описанный аналитическій приемъ приобретаетъ важное значеніе въ химической практикѣ, найдши успѣшное примѣненіе къ отдѣленію металловъ, именнно желѣза, цинка и никкеля, отъ мѣди и къ опредѣ-

ленію количественнаго содержанія названныхъ металловъ, взятыхъ отдѣльно. Продолжительность одного полнаго осажденія обыкновенно составляетъ нѣсколько часовъ, причемъ въ теченіе часа освобождается въ среднемъ отъ одной до двухъ десятыхъ грамма металла.

Что касается примѣненій электролиза въ промышленности, то ихъ существуетъ чрезвычайно много. Къ спирту, первоначально получаемому на заводахъ, нерѣдко бываетъ примѣшано то или иное количество альдегида, сообщающаго ему жгучій вкусъ и непріятный запахъ. И тотъ и другой очень легко устранить при помощи Вольтовой пары,—пары изъ цинка и мѣди. Подъ вліяніемъ такой пары, легко осуществляемой погруженіемъ цинковыхъ пластинокъ въ очень слабый растворъ сѣрномѣдной соли (мѣднаго купороса) на нѣсколько секундъ, вода, всегда содержащаяся въ спиртѣ, разлагается, освобождая водородъ; *альдегидъ*, связывая этотъ послѣдній, *сплозна превращается въ спиртъ*, который остается только подвергнуть очищенію, между тѣмъ какъ очищеніе безъ предварительной электрохимической обработки не дало бы желаемаго результата.

Электролизомъ оказалось возможнымъ пользоваться также и для быстрого *блѣзненія тканей*. Въ этомъ процессѣ повидимому утилизируется обратное предыдущему явленіе, именно окисленіе.

*Очистка (аффинировка) металловъ* путемъ электролиза представляетъ то преимущество, что здѣсь могутъ быть получены въ видѣ нерастворимаго осадка самые малѣйшіе слѣды цѣнныхъ металловъ (золота, серебра). Способъ очистки—общій для всѣхъ металловъ. Разлагаютъ известную соль данного металла, употребляя нечистый металлъ въ качествѣ анода; тогда чистый металлъ осаждается на катодѣ, между тѣмъ какъ постороннія примѣси (и среди нихъ золото и серебро) падаютъ на дно ванны въ видѣ грязи, которую легко собрать. Въ этихъ случаяхъ важно работать съ токами опредѣленной плотности\*); поэтому при очисткѣ мѣди электролизу подвергаютъ мѣдный купоросъ между двумя мѣдными электродами\*\*); по окончаніи операціи осаждаемая мѣдь подвергается плавленію. При аффинировкѣ свинца разлагаютъ растворъ сѣрносвинцовой соли въ уксуснонатровой соли, устранивъ при этомъ такъ, чтобы ошлакованіе свинца мѣрно падало на дно ванны, гдѣ его собираютъ. Наконецъ, при выдѣленіи золота изъ сплава его съ серебромъ, въ качествѣ анода употребляютъ мѣдь, электролитомъ служитъ мѣдный купоросъ, а катодами—мѣдныя пластинки; серебро и мѣдь растворяются, а золото падаетъ на дно ванны. Для болѣе легкаго собранія осадка, анодъ помѣщаютъ въ пористый сосудъ, содержащій разведенную сѣрную кислоту и погруженный въ ванну. Сходнымъ путемъ можно отдѣлять олово, покрывающее старые жестяные предметы.

Разлагающими свойствами тока пользуются въ настоящее время и для полученія ѣдкихъ химическихъ простыхъ тѣлъ изъ ихъ соединений. Такъ, въ 1886 г. профессоръ химіи въ высшей фармацевтической школѣ Муассанъ подвергнулъ электролизу безводную фтористоводородную (плавиковую) кислоту, получаемую по способу Фреми, сообщивъ ей проводимостъ прибавленіемъ небольшого количества фторогидрата. безводнаго же фтористаго кальція. При этомъ на катодѣ выдѣлялся водородъ, а на анодѣ—фторъ. Плавиковая кислота помѣщается въ U-образную платиновую трубку (см. 279), каждое колѣно которой снабжено боковой трубкой *t*, назначенной для собранія газовъ; сверху каждое колѣно закрывается пробкою изъ фтористаго кальція (см. 280), сквозь которую проходитъ стержень изъ иридиистой платины (10. частой платины на 10 ч. иридия), служащій электродомъ. Главная трубка помѣщается въ сосудъ V, въ которомъ производятъ испареніе хлористаго метила, чѣмъ устанавливается температура около 20° ниже нуля. Такимъ способомъ Муассану удалось получить выдѣленіе водорода, съ

\* ) Плотность тока есть отношеніе силы даннаго тока къ площади электрода.

\*\* ) Сила тока не должна превышать 1 ампера на 1 кв. дециметръ площади электрода. „Амперомъ“ называется практическая единица силы тока.

прямью плавиковой кислоты на катодъ и рядомъ съ этимъ выдѣленіе фтора на анодъ. При этомъ электролизъ надо стараться, чтобы уровень жидкости въ трубкѣ не опускался до горизонтальной вѣтки трубки, иначе произойдетъ воссоединеніе элементовъ фтористоводородной кислоты со взрывомъ. Для описаннаго разложенія достаточно батареи въ 20 Бунзеновыхъ элементовъ.

Путемъ электролиза получается теперь въ значительномъ количествѣ еще другое простое тѣло, именно алюминій. Полученіе этого металла электролитическимъ способомъ непосредственно изъ его рудъ служило предметомъ многочисленныхъ изслѣдованій, въ виду большой дороговизны добыванія его обыкновенными химическими способами. Не говоря о приготовленіи алюминіевой бронзы

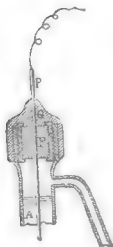


Фиг. 279.—Электролизъ фтористоводородной кислоты (HF).

Муассая подвергаетъ дѣйствію отдѣляющагося фтора вещество, помещенное въ пробирку.

при помощи Вольтовой дуги, дѣйствіемъ тока на смѣсь мѣди, корунда (глинозема) и угля (здесь важны не столько химическія, сколько тепловыя дѣйствія тока), въ промышленности существуютъ два весьма различныхъ способа получения алюминія. Способъ Минэ состоитъ въ электролизѣ криолита (минераль, содержащій фтористый алюминій съ фтористымъ натріемъ), поддерживаемаго въ расплавленномъ состояніи. Названный минераль особенно пригоденъ для этой

цѣли въ виду того, что легко получается искусственно и имѣть не особенно высокую температуру плавленія. Операция производится въ желѣзной ваннѣ, на днѣ которой помѣщается большая угольная чашка, въ которой находится опредѣленная смѣсь криолита съ хлористымъ натріемъ, поддерживаемая въ расплавленномъ состояніи. Во избѣжаніе дѣйствія продуктовъ разложенія на стѣнки ванны, эту последнюю помѣщаютъ въ отвѣтвленіе отъ отрицательнаго электрода. Для правильности электролиза необходимо, чтобы количества жидкости и алюминія въ ваннѣ оставались постоянными; выполнение послѣдняго условія достигается прибавленіемъ время отъ времени въ ванну фтористаго алюминія. Продукты разложенія, отдѣляющіеся на анодѣ, собираются въ бокситъ \*) и такимъ образомъ возвращаютъ  $\frac{6}{10}$  разложеннаго электролита \*\*)



Фиг. 280. — Подробный рисунокъ пробки въ аппаратѣ для получения фтора.

А—разлагаемая жидкость. F — пробка изъ фтористаго калція. PА—электродъ изъ кристаллоидной платины. G—платиновая обложка.

По способу Геру, нашедшему себѣ примѣненіе на специально построенномъ большомъ заводѣ въ Форжѣ, алюминій получается простымъ электролизомъ глинозема, весьма распространеннаго въ природѣ въ видѣ различныхъ минераловъ. Разъ реакція началась, глиноземъ поддерживается въ расплавленномъ состояніи уже одною теплотой, развивающейся въслѣдствіе прохождения тока. При этомъ способѣ употребляется глиняная отражательная печь, чрезъ подъ которой проходятъ коксовая пластина, служащая катодомъ; положительнымъ электродомъ служить пропущенный чрезъ крышку въ сводѣ печи угольный цилиндръ; та же крышка снабжена отверстіемъ для выхода отдѣляющагося газа. Подъ у печи нѣсколько наклоненъ и имѣетъ отверстіе, закрываемое во время операціи глиняной затѣчкой и назначенное для стока расплавленного металла. Придавивъ электроды, въ аппаратъ кладутъ чистый глиноземъ, приготовленный путемъ обработки боксита, и для начала реакціи прибавляютъ нѣкоторое количество расплавленного криолита; начинается выдѣленіе алюминія, глиноземъ плавится, и правильный ходъ дальнѣйшаго разложенія уже обеспеченъ. На анодѣ, отъ дѣйствія на него выдѣляющагося на немъ кислорода, развивается окись углерода. Въ тѣхъ случаяхъ, когда требуется приготовить сплавъ, наприм., алюминіеву бронзу, на днѣ тигля предварительно осаждаютъ кругой сплавляемый металлъ \*\*\*).

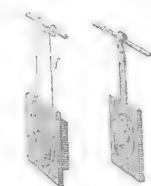
Къ числу важнѣйшихъ примѣненій электролиза принадлежитъ также покрытие предметовъ слоемъ металла, болѣе цѣннаго и менѣе портящагося, нежели тотъ металлъ, изъ котораго предметъ сдѣланъ, для предохраненія послѣдняго отъ порчи или въ видахъ украшенія его. Сюда же относятся и копированіе различныхъ предметовъ—статуэтокъ, типографскихъ клише и проч.—путемъ осажденія металла на соответствующія формы (фиг. 281). То и другое составляетъ предметъ *гальванопластики* — искусства, которое, повидимому, было извѣстно еще египтянамъ. Металлическій слой, покрывающій поверхность глиняныхъ чашъ, найденныхъ въ развалинахъ Фивъ и Мемфиса, нигдѣ не обнаруживаетъ ни малѣйшаго слѣда припоя или вообще ручной работы; по своему кристаллическому однородному составу этотъ металлическій слой совершенно похожъ на современныя *гальванопластическія* надѣлія. Обиліе въ Африкѣ сѣрнистыхъ рудъ мѣди, дающихъ мѣдныя купоросы, въ который достаточно погружать на нѣсколько времени желѣзныя предметы для того, чтобъ онъ покрылся мѣлью, быть можетъ, навело египтянъ на

\*) Минералъ, состоящій изъ гидрата (водной окиси) глинозема и окиси желѣза.

\*\*) Для укаванной электролитической реакціи требуется электродвижущая сила 4 вольтъ.

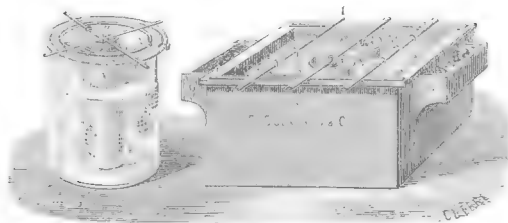
\*\*\*) На заводѣ работаютъ двѣ динамо-машинныя съ постояннымъ токомъ и независимымъ возбужденіемъ, дающія каждая 6000 амперовъ, причемъ каждый амперъ въ часъ осаждастъ 16 граммъ металла.

путь къ этому открытію. Но какъ-бы то ни было, введеніе *гальванопластики* въ промышленность относится къ сравнительно *малому* времени, именно къ 1837 году. Уже Вольтъ замѣтилъ, что *при* пропусканіи тока отъ изобрѣтеннаго имъ столба чрезъ соляной *растворъ*, на отрицательномъ электродѣ осаждается металлъ, а ученикъ Вольты, профессоръ физики въ Павіи, Брунъятелли, получилъ посредствомъ тока слѣды позолоты на серебряныхъ медаляхъ. Но честь настоящаго *открытія* гальванопластики принадлежитъ профессору дерптскаго университета, Якоби. Разсматривая элементъ Даниэля, названный ученый замѣтилъ на свернутомъ въ трубку мѣдномъ листѣ, погруженномъ въ растворъ мѣднаго купороса и представлявшемъ отрицательный полюсъ элемента, тоненькую мѣдную пластиночку. Отдѣливъ ее, онъ увидѣлъ, что внутренняя ея поверхность до мельчайшихъ подробностей повторяетъ форму прилежавшей къ ней вѣшной поверхности мѣднаго цилиндра. Это-то наблюденіе и послужило Якоби исходнымъ пунктомъ для его знаменитаго открытія. Другое, также случайное, наблюденіе позволило ему воспользоваться въ качествѣ гальванопластической формы непроводящимъ матеріаломъ. Употребивъ для нѣсколькихъ элементовъ Даниэля сосуды изъ пористой глины, на которыхъ была сдѣлана мѣта чернымъ карандашомъ (графитомъ), онъ замѣтилъ, что мѣста, соотвѣтствующія мѣткамъ, покрылись слоемъ мѣд. Отсюда необходимо было заключить, что форму изъ непроводящаго вещества можно сдѣлать проводящею, если покрыть ее слоемъ графита.



Фиг. 281. — Гальванопластическая форма.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда нужно покрыть поверхность металлическаго предмета слоемъ какого-нибудь другого металла, для всѣхъ осаждаемыхъ металловъ собственно приемъ одинъ и тотъ же; мѣняется только составъ электролитической ванны въ зависимости отъ осаждаемаго металла и рода издѣлій. Для того, чтобы металлъ хорошо приставалъ къ предмету, этотъ послѣдній долженъ быть совершенно чистъ; поэтому его предварительно промываютъ въ поташѣ, затѣмъ въ водѣ, для удаленія находящихся на немъ жирныхъ веществъ, послѣ



Фиг. 282. — Гальванопластическія ванны.

чего его подвергаютъ „отравленію“ разведенною сѣрной или азотной кислотой, для удаленія могущаго покрывать предметъ небольшого количества окиси. Наконецъ, предметъ тщательно прополаскивается въ водѣ, высушивается въ древесныхъ опилкахъ и въ сушильной ваннѣ. Составъ ванны, какъ сказано, бываетъ различенъ въ различныхъ случаяхъ. Покрытіе мѣдью должно производиться въ очень кисломъ растворѣ; для этой цѣли можно брать растворъ, содержащій приблизительно 825 граммовъ мѣднаго купороса на 825 сантиграммовъ 66-процентной (Боме) сѣрной кислоты въ 10 литрахъ воды. Въ качествѣ положительнаго электрода берутъ пластинку изъ чистой мѣди, которая, растворяясь

по мѣрѣ отложенія мѣди на катодѣ, будетъ поддерживать составъ ванны постояннымъ \*).

При покрываніи мѣдью чугунныхъ вещей необходимо или подвергнуть такия вещи специальной предварительной обработкѣ, или производить покрываніе въ растворѣ, не развѣдающемъ желѣза. Предварительная обработка состоитъ въ томъ, что желѣзные предметы сначала погружаются въ теплое масло съ примесью порошка мѣди, затѣмъ высушиваются въ сушильной ваннѣ. Такимъ способомъ покрываютъ мѣдью, напр., канделябры. Для приготовления раствора, не развѣдающаго желѣза, берется:

дождевой воды	100000 чч.,
мѣднаго купороса	2500 "
щавелевой кислоты	5800 "
амміака	5000 чч.

Къ этому раствору время отъ времени прибавляютъ амміачнаго раствора мѣди. Въ такой ваннѣ производятъ отложеніе лишь тоненькаго слоя мѣди, дальнѣйшее же покрываніе этимъ металломъ производится по вышеуказанному способу.

Для никкелированія употребляютъ растворъ двойной сѣрникоислой соли никкеля и аммонія, содержащаго около 800 граммовъ соли на 10 литровъ воды; въ качествѣ растворяемаго анода пользуются здѣсь никкелевой пластинкой. Для полученія хорошихъ результатовъ при этомъ процессѣ необходимо строгое соблюденіе извѣстныхъ правилъ; такъ, напр., разстояніе между электродами должно быть, по крайней мѣрѣ, 10 сантиметровъ; глубина ванны должна быть такова, чтобы никкелируемыя вещи занимали приблизительно двѣ трети ея; наконецъ, введеніе предметовъ въ ванну производится лишь тогда, когда цѣль замкнута, причемъ каждый изъ нихъ помѣщается между двумя анодами; въ противномъ случаѣ, одна сторона предмета покроется болѣе толстымъ слоемъ, нежели другая. Цанковые вещи могутъ быть никкелируемы лишь послѣ предварительнаго покрытія ихъ слоемъ мѣди.

При серебрѣніи (см. 283) и золоченіи подобныя же приемы; только предосторожностей здѣсь необходимо приниматьъ еще болѣе. Непосредственному серебрѣнію или золоченію могутъ быть подвергаемы лишь мѣдныя вещи; вещи же изъ другихъ металловъ обязательно покрываются предварительно слоемъ мѣди.

Послѣ тщательнаго *отравленія* предметы погружаются въ ванну изъ сѣрникоислыхъ закиси и окиси ртути (*амальмируются*), затѣмъ прополаскиваются и вносятся въ электрическую ванну, которую должно размѣшивать во все время операціи для полученія равномернаго отложенія металла. По выходѣ изъ этой ванны вещи промываются въ синеродистомъ калии, затѣмъ въ кипящей водѣ, просушиваются въ древесныхъ опилкахъ и полируются. Въ качествѣ растворяемаго электрода въ этихъ случаяхъ берется серебряная или золотая пластинка. Вотъ составъ ваннъ, употребляемыхъ для серебрѣнія и золоченія:

#### Серебрѣніе.

Синеродистаго серебра	250 чч.,
синеродистаго калия	500 "
дистиллированной воды	10000 чч.

#### Золоченіе.

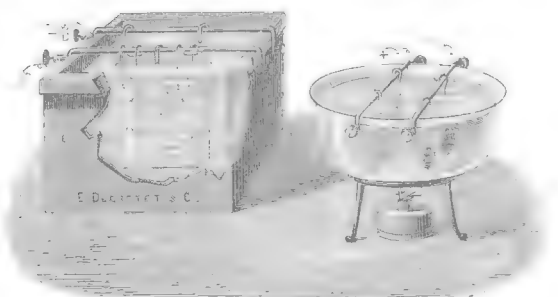
Хлористаго золота	200 чч.,
соды	2000 "
синеродистаго калия	200 "
воды	8000 чч.

Для послѣдней ванны растворяются отдѣльно хлористое золото и синеродистый калий, растворы смѣшиваются и кипятятся около получаса.

\* ) Плотность потребнаго для этой цѣли тока должна быть около 2 амперовъ на квадратный дециметръ площади катода.

Наконецъ, иногда требуется покрыть слоемъ желѣза типографскія формы. Для этой цѣли клише, предварительно хорошо очищенное, погружается въ ванну изъ углекислой соли (1 ч. соли на 6 ч. воды), причемъ анодомъ служитъ пластинка чистаго желѣза. Въ настоящее время предпочитается, впрочемъ, никелирование типографскихъ клише. Гальванопластическимъ путемъ получаютъ также металлическія копии съ предметовъ. Для этой цѣли готовится форма соответствующаго предмета изъ гуттаперчи, а въ случаѣ гипсового предмета—изъ желатинны съ примѣсью воска. Чтобы сдѣлать форму проводящею, ее покрываютъ графитомъ, съ помощью мягкой щеточки. Форма подвѣшивается въ кислотъ растворѣ сѣрномѣдной соли въ качествѣ катода, анодомъ же, какъ выше указано, служитъ мѣдная пластинка. Эта операція особенно употребительна при изготовленіи клише для воспроизведенія гравюръ, сдѣланныхъ на деревѣ или металлѣ. Когда на формѣ получается металлическій слой достаточной толщины, этотъ слой снимаютъ и на заднюю (внутреннюю) сторону его выливаютъ нѣкоторое количество типографскаго сплава, для сообщенія ему надлежащей прочности. Такимъ способомъ изготовляются клише для печатанія, наприм., почтовыхъ марокъ.

Къ числу приложеній электролиза принадлежитъ также воспроизведеніе гравюръ на цинкѣ, — операція, извѣстная подъ названіемъ *эмалютажа*, по имени предложившаго ее изобрѣтателя. Названная операція состоитъ въ слѣдующемъ. Съ соответствующаго



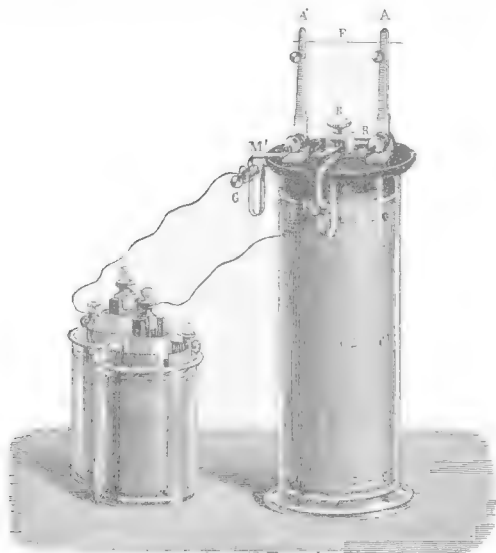
Фиг. 283. — Серебрение столовыхъ приборовъ.

рисунка снимаютъ фотографію; по укрѣпленіи изображенія бромъ-желатинную перепонку отдѣляютъ и кладутъ на цинковую пластинку, покрытую слоемъ іудейской смолы; затѣмъ эту цинковую пластинку выставляютъ на свѣтъ. Солнечные лучи, проходя чрезъ свѣтлыя части изображенія, сообщаютъ подлежащему слою смолы нерастворимость въ соответствующихъ точкахъ. Чрезъ извѣстное время перепонка удаляется и пластинка промывается скипидаромъ, который растворяетъ смолу въ тѣхъ мѣстахъ, на которыя дѣйствовали свѣтъ. Затѣмъ ее подвергаютъ дѣйствию разведенной азотной кислоты; послѣдняя щадитъ нерастворимыя мѣста, растворяя всѣ остальные части поверхностнаго слоя цинка. Такимъ образомъ части, на которыхъ смола сохранилась, составляютъ рельефную копию рисунка, — клише, съ котораго печатаются оттиски типографскими чернилами.

Во всѣхъ приложеніяхъ электролиза къ промышленности, въ качествѣ электро-производителей (генераторовъ) пользуются въ настоящее время динамомашинами съ прямымъ (непрерывнымъ) токомъ, которыя въ крупныхъ заводахъ приводятся въ дѣйствіе паровыми, а въ небольшихъ мастерскихъ — газовыми двигателями. Въ рѣдкихъ случаяхъ употребляютъ еще гальваническія батареи, которыми почти исключительно пользовались въ прежнее время. Зато довольно часто работаютъ съ *аккумуляторами*, которые заряжаются помощью машинъ въ теченіе дня, а ночью съ замѣцательной правильностью доставляютъ требующійся токъ. Устройство *аккумуляторовъ* основано на утилизаціи вторичнаго тока; вышеописанная



газовая батарея Грôва можетъ быть разсматриваема какъ наипростѣйшій изъ такихъ аккумуляторовъ. Тотъ видъ, который аккумуляторы сохраняютъ еще въ настоящее время, даѣтъ этимъ аппаратамъ Платё и Фôромъ. Двѣ свинцовыя пластинки, раздѣленные одна отъ другой каучуковыми лентами, свертываются въ цилиндръ и соединяются каждая съ однимъ изъ полюсовъ какого-нибудь электро-производителя, наприм., обыкновенной гальванической батареи. Этотъ цилиндръ, представляющій большую электро-производительную поверхность при небольшомъ объемѣ, помѣщается въ сосудъ съ 10% сѣрной кислотой (фиг. 284). При прохожденіи тока на отрицательной пластинкѣ выделяется водородъ, а на положительной, подъ вліяніемъ освобождающагося здѣсь кислорода, образуется перекись свинца. Перервавъ токъ, получимъ довольно сильный вторичный токъ, имѣющій, однако, въ случаѣ новаго аппарата, малую продолжительность, вслѣд-



1 2  
Фиг. 284.—Аккумуляторъ.

1 — заряжающая батарея. 2 — стеклянный сосудъ со свернутыми въ цилиндръ свинцовыми лентами.

ствие того, что образовавшійся слой перекиси свинца имѣетъ еще незначительную толщину. Но гда, по прошествіи достаточно долгаго времени, свинцовыя пластинки аккумулятора дѣлаются пористыми, приобретаая такимъ образомъ способность поглощать огромныя количества газовъ, вторичный токъ, являющійся результатомъ разряженія аккумулятора, становится весьма продолжительнымъ и является замѣчательно постояннымъ до конца. Во избежаніе такой большой траты времени на подготовку аккумуляторовъ, Платё погружаетъ въ азотную кислоту, затѣмъ заряжаетъ

ихъ путемъ электролиза; это повторяется подрядъ восемь разъ, послѣ чего аккумуляторъ оказывается способнымъ къ надлежащему дѣйствію. Съ тою же цѣлью Форъ покрываетъ пластинки уже готовымъ слоемъ перекиси свинца вмѣсто того, чтобы дожидаться образованія такого слоя изъ вещества самой пластинки. Кромѣ того, въ интересахъ уменьшенія вѣса аппарата, онъ вмѣсто пластинокъ беретъ зерна свинца, покрытыя смѣсью окиси свинца и сурьмы, представляющею изъ себя мягкую и въ то же время достаточно пористую массу. Снарядъ всегда состоитъ изъ нечетнаго числа пластинокъ, причѣмъ обѣ крайнія отрицательны. Между каждыми двумя пластинками закладывается каучуковая полоса. Заряженіе аккумуляторовъ производится или гальванической батареей, или динамо-машинной съ прямымъ токомъ. Они удобно переносятся въ

то мѣсто, гдѣ желаютъ ихъ утилизировать, расположенные въ параллельныя или послѣдовательныя батареи соотвѣтствующей величины.

Мы скорѣе познакомясь съ многочисленными приложеніями аккумуляторовъ въ дѣлѣ электрическаго освѣщенія, а также въ устройствѣ тянущихъ аппаратовъ и снарядовъ для передвиженія поѣздовъ.

Сначала повторимъ въ нѣсколькихъ словахъ важнѣйшее изъ сказаннаго о занимающемъ насъ предметѣ до сихъ поръ. Прежде всего замѣтимъ, что *генераторы* (производители) электрической энергіи могутъ быть весьма разнообразны. Въ электрическихъ машинахъ съ *трениемъ* или съ *вліяніемъ* электрической энергіи доставляется полюсамъ машины механической работой, затрачиваемой на вращеніе подвижныхъ круговъ; въ гальваническихъ элементахъ эта энергія является результатомъ совершающихся здѣсь *химическихъ реакцій*. Мы видѣли, что электрическую энергію можно собирать, сохранять, запасать или въ *конденсаторахъ* или въ *аккумуляторахъ*; тѣ и другіе снаряды иногда называютъ *трансформаторами* (превращающими снарядами), на томъ основаніи, что путемъ надлежащаго ихъ соединенія можно имѣнать свойства доставляемой ими электрической энергіи. Замѣчательнымъ трансформаторомъ является *индукціонная катушка*; только для дѣйствія ея требуется непрерывное дѣйствіе известнаго числа гальваническихъ элементовъ: въ то время, какъ обыкновенная послѣдовательная батарея въ шесть Бунзеновыхъ элементовъ даетъ совершенно ничтожныя искры, не могущія пробить даже самой тонкой стеклянной пластинки, тѣ же шесть элементовъ, введенные въ первичную цѣпь большой катушки, доставляютъ непрерывный рядъ такихъ сильныхъ искръ, которыя легко пробиваютъ толстыя стеклянныя пластинки, помѣщенные на пути искры, между полюсами катушки.

Эти любопытныя и во многихъ случаяхъ полезныя дѣйствія тока (вспомнимъ важную роль катушки въ телефонѣ) имѣютъ, однако-же, небольшое значеніе для индустріи, гдѣ важна *передача* энергіи на разстояніи. Тутъ задача уже не въ пробиваніи изоляторовъ, не въ перемѣщеніи чрезвычайно легкихъ тѣлъ („голубь Архиты“, „плюска человѣчкова“), тутъ приводится въ движеніе уже не миниатюрныя электрическія „мельницы“ или „колеса“, а части нашихъ различныхъ машинъ, — иногда, правда, вѣжныя и легкія, но въ большинствѣ случаевъ весьма тяжелыя. Притомъ въ практикѣ дѣло не ограничивается подниманіемъ, чрезъ правильные промежутки времени, какого-нибудь молота, наприм., тутъ не только приводятся въ дѣйствіе орудія того или другаго производства, работающія въ опредѣленномъ мѣстѣ, но требуютъ также способы двигать помощью электрической энергіи желѣзнодорожныя поѣзда и продолжать силу противнаго вѣтра, препятствующаго движенію кораблей и воздушныхъ шаровъ.

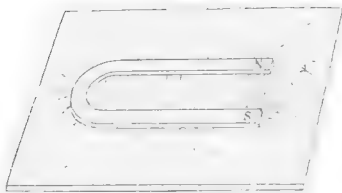
Въ интересахъ экономіи и удобства стараются обходиться безъ посредства пара, — пользуются для вышеуказанныхъ цѣлей непосредственно механической энергіей, разлитой въ природѣ въ такомъ изобиліи. Хотя помощью машинъ съ *вліяніемъ*, и можно, какъ намъ извѣстно, производить превращеніе механической энергіи въ электрическую и передачу этой послѣдней, но никто не думаетъ о примѣненіи такихъ машинъ къ разрѣшенію интересующей насъ практической задачи: онѣ пригодны единственно для лабораторныхъ опытовъ.

Такое явленіе, какъ „образцовый городъ“ (стр. 178), есть результатъ дѣйствія новыхъ машинъ, вообще называемыхъ *динамо-электрическими*. Эти сильныя и оригинальные механизмы, совершенствующіеся съ каждымъ днемъ, основаны, какъ и телефоны, относящіеся къ той же категоріи изобрѣтеній, — на любопытныхъ свойствахъ магнитнаго поля, — на явленіяхъ *индукціи*.

Для уясненія дѣйствія динамо-машинъ, здѣсь необходимо сдѣлать нѣсколько новыхъ замѣчаній, расширить пріобрѣтенное нами въ главѣ о телефонѣ знакомство съ магнитнымъ полемъ, производимымъ магнитами или токами. Магнитное поле, какъ намъ уже извѣстно, опредѣляется совокупностью изображающихъ его силовыхъ линій, а въ каждой точкѣ той или иной силовой линіи — величиной притяженія или отталкиванія, испытываемыхъ, наприм., сѣвернымъ полю-

сомъ помѣщенного здѣсь магнита. Форма силовыхъ линій въ различныхъ случаяхъ бываетъ различна; она зависитъ отъ формы магнита или цѣлой системы магнитовъ, производящихъ данное поле, а въ случаѣ поля, произведеннаго токомъ,—отъ формы проводимой этимъ токомъ цѣпи; наконецъ, въ случаѣ сочетаннаго дѣйствія магнитовъ и токовъ, распредѣленіе силовыхъ линій въ полѣ зависитъ отъ относительнаго расположенія магнитовъ и проводниковъ. Что касается направленія силовыхъ линій, то условились говорить, что онѣ идутъ изъ сѣверной области въ южную \*).

Мы видѣли, какимъ образомъ существованіе этихъ силовыхъ линій обна-



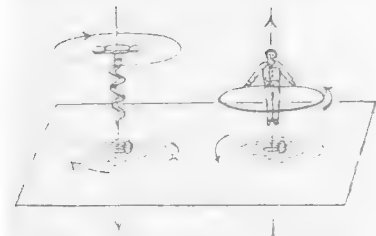
Фиг. 285.—Спектръ, соответствующій подковообразному магниту.



Фиг. 286.—Спектръ, производимый двумя перпендикулярными другъ къ другу магнитами.

руживается ориентированіемъ помѣщенныхъ въ полѣ желѣзныхъ опилокъ, приобѣтающихъ здѣсь свойства малыхъ магнитовъ и повинующихся лишь колебаніямъ поля. Если получающіеся при этомъ рисунки фиксировать, прилепляя ихъ опилки лакомъ, или снявъ съ нихъ фотографію, то они изобразятъ данное состояніе магнитнаго поля во всѣхъ его подробностяхъ. Ниже мы увидимъ, ка-

кимъ образомъ Фарадей и Максвеллъ учатъ опредѣлять дѣйствія магнитнаго поля, и въ частности величину и направленіе обнаруживаемой имъ индукціи, по характеру составляющихъ его силовыхъ линій.



Фиг. 287.—Спектръ, производимый прямолинейнымъ электрическимъ токомъ.

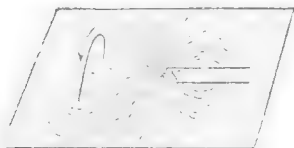
Фигура 63 (стр. 60) изображаетъ спектръ, соответствующей прямолинейному магниту; на фигурѣ 285 мы видимъ спектръ подковообразнаго магнита, а на фигурѣ 286 представленъ спектръ, полученный при помѣщеніи магнита между полюсами другого магнита, перпендикулярно къ последнему.

Изъ этого видно, что состояніе магнитнаго поля зависитъ отъ формы и относительнаго расположенія магнитовъ, производящихъ это поле, и что силовые линіи искривляются все болѣе и болѣе по мѣрѣ увеличенія числа совместно дѣйствующихъ магнитовъ. Далѣе, замѣтимъ, что чѣмъ гуще расположены силовые линіи, тѣмъ болѣе притяженію и отталкиванію подвергаются соответствующіе полюсы испытующаго магнита, тѣмъ *болѣе* сила даннаго поля; напротивъ, если эти линіи расположены не часто, то сила поля незначительна, и, наконецъ, тамъ, гдѣ силовыхъ

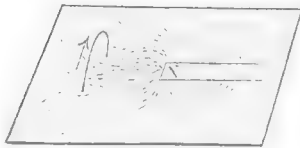
\* Для замкнутого тока сѣверная сторона будетъ находиться слѣва отъ Амперова наблюдателя, обращеннаго лицомъ внутрь цѣпи. Такой токъ можно рассматривать какъ плоскій магнитъ, состоящій изъ стального листа, вырѣзаннаго такъ, что онъ опирается на проводникъ своимъ правымъ и сѣверная область котораго находится по лѣвую сторону тока. Такой магнитъ носитъ названіе *магнитнаго листа*.

линий нѣтъ вовсе, сила поля равна нулю. Такимъ образомъ, въ каждомъ участкѣ поля сила послѣдняя зависитъ отъ числа линий, образуемыхъ здѣсь ориентирующимися желѣзными опилками.

Выше мы видѣли, что электрический токъ производитъ вокругъ себя магнитное поле. Посмотримъ, какимъ образомъ располагаются крупинки опилокъ въ различныхъ простыхъ случаяхъ тока. Возьмемъ сначала токъ, проходящій по прямой провололкѣ (фиг. 287). Пропустимъ эту проволоку чрезъ центръ  $O$  стеклянной пластинки или картоннаго кружка и осыпемъ пластинку или кружокъ желѣзными опилками; тогда увидимъ, что опилки располагаются по концентрическимъ круговымъ линіямъ, общій центръ которыхъ находится въ  $O$ . Направленіе силовыхъ линій зависитъ отъ направленія тока; оно таково,



Фиг. 288.—Отталкиваніе силовыхъ линій круговымъ токомъ, обращеннымъ своею сѣвѣрною стороною къ сѣверному полюсу магнита.

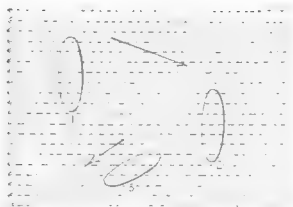


Фиг. 289.—Притяженіе силовыхъ линій круговымъ токомъ, обращеннымъ своею южною стороною къ сѣверному полюсу магнита.

что наблюдатель Ампера въ сѣверные полюсы желѣзныхъ крупиннокъ видитъ влѣво отъ себя: это именно то направленіе, по которому токъ отклоняетъ сѣверный полюсъ. При восходящемъ токѣ силовыя линіи направляются по стрѣлкѣ правой части рисунка, при нисходящемъ—по лѣвой стрѣлкѣ. Можно также сказать, что направленіе силовыхъ линій совпадаетъ съ тѣмъ, по которому нужно вращать штопоръ, расположенный по направленію тока, для того, чтобъ онъ подвигался въ сторону движенія тока. Въ этомъ и состоитъ *правило штопора*



Фиг. 290.—Перемищеніе силовыхъ линій дѣйствіемъ тока, плоскость котораго параллельна линіямъ полюсовъ.



Фиг. 291.—Измѣненіе силового потока при перемищеніи оборота въ однородномъ магнитномъ полѣ.

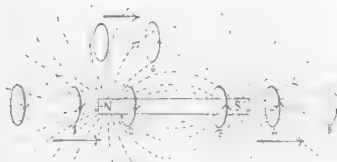
Максвелла, устанавливающее простое соотношеніе между направленіемъ силовыхъ линій въ магнитномъ полѣ и токомъ, производящимъ данное поле.

Наичаще направленіе цѣпи — прямолинейное или по окружности. Непрерывный рядъ оборотовъ, образующихъ такъ-называемый соленоидъ, даетъ спектръ одинаковый съ прямымъ магнитомъ. Если удлинитъ соленоидъ, такимъ образомъ, чтобъ онъ представлялъ собою длинную катушку, то подъ вліяніемъ этой послѣдней желѣзныя опилки ориентируются или только у концовъ ея, — въ томъ случаѣ, если картонъ помѣщенъ внѣ обмотки, — или въ любомъ мѣстѣ соотвѣтственно ея протяженію, если картонъ находится внутри катушки, причемъ силовыя линіи имѣютъ направленіе прямое и параллельное оси катушки, нако-

дятся въ равныхъ расстояніяхъ одна отъ другой и дѣйствіе на магнитную стрѣлку одинаково во всѣхъ точкахъ. Такое поле, представляющее возможно наипростѣйшій случай, называется *однороднымъ полемъ*. Чѣмъ тѣснѣе расположены линіи, образуемая опилками, тѣмъ сильнѣе притягиваются или отталкиваются полюсы испытующаго магнита, тѣмъ больше сила поля.

Случаи магнитныхъ полей, вызванныхъ совокупнымъ дѣйствіемъ магнита и тока, представлены на фигурахъ 288, 289 и 290. Первая изображаетъ поле, производимое магнитомъ N и круговымъ токомъ, идущимъ по направленію стрѣлки; вторая—то же поле при обратномъ направленіи тока; наконецъ, третья показываетъ, какъ силовыя линіи, принадлежащія магниту N—S измѣняются присутствіемъ тока: эти линіи проходятъ чрезъ плоскость тока, входя справа отъ Амперова наблюдателя, смотрящаго внутрь окружности (южная сторона), и выходятъ по лѣвую его сторону, т. е. изъ сѣверной стороны.

Ограничиваясь приведенными спектрами магнитнаго поля (такіе спектры могутъ являться въ безконечномъ числѣ формъ), остановимся на случаѣ однороднаго поля. Помѣстимъ въ этомъ полѣ одинъ оборотъ круга или опирали (фиг. 291). Такой оборотъ обнимаетъ нѣкоторое число силовыхъ линій, называемое *силовымъ потокомъ* данного оборота. Этотъ потокъ больше всего въ томъ случаѣ, когда плоскость оборота какъ у оборота 1, перпендикулярна къ силовымъ



Фиг. 292.—Измѣненіе силового потока при перемѣщеніи оборота въ полѣ прямолинейнаго магнита.

линіямъ, т. е. къ *направленію* поля. Если оборотъ перемѣщается въ полѣ параллельно самому себѣ (2), то число проходящихъ сквозь него силовыхъ линій остается неизмѣннымъ; если же онъ помѣщается подъ косымъ угломъ къ линіямъ силы (3), то число это, т. е. силовой потокъ уменьшается, и тѣмъ больше, чѣмъ дальше этотъ уголъ отъ прямого; наконецъ, при положеніи оборота параллельно направленію поля соответствующій силовой потокъ равенъ нулю. Если въ данной плоскости возьмемъ 2, 3, 4

одинаковыхъ оборота, то ихъ общій силовой потокъ, естественно, будетъ вдвое, втрое, вчетверо больше, чѣмъ у одного.

Въ случаѣ неоднороднаго поля потокъ измѣняется при любомъ перемѣщеніи оборота. На фигурѣ 292 видно увеличеніе потока при перемѣщеніи оборота изъ положенія 1 въ положеніе 2, и наоборотъ, уменьшеніе его при перемѣщеніи изъ 2 въ 6, и т. д.; магнитное поле производится здѣсь прямолинейнымъ магнитомъ.

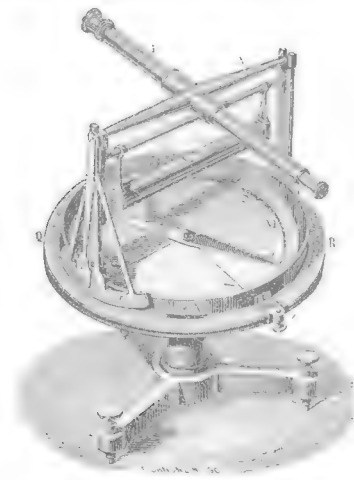
Понятіе о силовомъ потокѣ и объ измѣненіяхъ, претерпѣваемыхъ имъ при различныхъ условіяхъ, принадлежитъ къ числу основныхъ понатій въ томъ отдѣлѣ науки, который рассматриваетъ явленія индукціи и приложение послѣднихъ—динамо-машинъ, къ изученію которыхъ мы сейчасъ переходимъ.

Для осуществленія однороднаго магнитнаго поля нѣтъ необходимости прибѣгать къ построенію весьма длинной катушки. Такое поле природа даетъ намъ готовымъ: это именно *земное магнитное поле*, истинной причины котораго мы, однако, до сихъ поръ не знаемъ. Это поле представляется однороднымъ, если рассматривать его на небольшомъ протяженіи; благодаря именно ему и возможно существованіе *компасъ* (буссоли), устанавливающихся всегда въ направленіи сѣвера на югъ. Во всякомъ мѣстѣ на земномъ шарѣ мы можемъ представить себѣ вертикальную плоскость, проходящую чрезъ небесные полюсы; эта плоскость называется астрономическимъ меридіаномъ даннаго мѣста. Солнце проходитъ чрезъ эту плоскость тогда, когда въ этомъ мѣстѣ бываетъ полдень. Если въ этой плоскости помѣстить магнитную стрѣлку, могущую двигаться около своего центра въ горизонтальной плоскости (фиг. 293), то она установится неподвижно

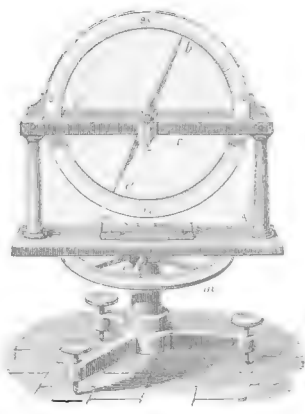
въ нѣкоторой вертикальной плоскости, называемой магнитнымъ меридіаномъ мѣста. Уголъ между астрономическимъ и магнитнымъ меридіанами даннаго мѣста называется угломъ *склоненія* въ этомъ мѣстѣ. Понятіе о магнитномъ склоненіи введено въ науку Христофоромъ Колумбомъ въ 1482 г.

Если, наоборотъ, магнитная стрѣлка подвижна около своего центра только въ плоскости магнитнаго меридіана, то она устанавливается подъ угломъ къ горизонту, называемымъ *магнитнымъ наклоненіемъ мѣста*. Въ этомъ положеніи магнитная стрѣлка строго повинуетъ дѣйствію силовыхъ линій земнаго магнитнаго поля, проходящихъ въ этомъ мѣстѣ. Вопросомъ о магнитномъ наклоненіи первый занимался Норманъ въ 1576 г.

Опредѣленіе угловъ склоненія и наклоненія въ различныхъ мѣстахъ на земномъ шарѣ и изученіе тѣхъ измѣненій, которымъ подлежатъ эти углы въ зависимости отъ тѣхъ или иныхъ условий, составляетъ одну изъ важнѣйшихъ главъ физической географіи\*).



Фиг. 293.—Вуссолъ склоненія.



Фиг. 294.—Вуссолъ наклоненія

Посмотримъ теперь, какими магнитными полями пользуются въ практикѣ. Магнитныя поля машинъ, употребляемыхъ въ промышленности, производятся *электромагнитами*. Объ этихъ снарядахъ мы говорили на стр. 82 гдѣ также было указано, какъ по навивкѣ проволоки и направленію тока опредѣлить положеніе полюсовъ, образуемыхъ концами электромагнита; сказанное тамъ вполнѣ относится и къ тому случаю, когда, какъ это обыкновенно дѣлаютъ, желѣзному ядру

\*) Въ парижскомъ паркѣ Сент-Мортъ, лежащемъ на  $0^{\circ}9'23''$  восточной долготы и  $48^{\circ}48'4''$  сѣверной широты, 1-го января (20-го декабря) 1888 г. склоненіе было равно  $15^{\circ}52'1''$ , а наклоненіе— $65^{\circ}14'7''$ . Съ XVI столѣтія склоненіе было восточнымъ до 1866 г., когда оно сдѣлалось равнымъ нулю; съ тѣхъ поръ оно западное. Въ 1815 г. оно достигло своей наибольшей величины— $22^{\circ}34'$ ; съ указанного времени оно все уменьшается, приблизительно на  $5'44''$  въ годъ, откуда слѣдуетъ, что чрезъ 200 лѣтъ склоненіе опять сдѣлается восточнымъ.

Наклоненіе въ Парижѣ было  $75^{\circ}$  въ 1871 г. Съ тѣхъ поръ оно все уменьшается.

Кромѣ правыхъ измѣненій въ склоненіи и наклоненіи—вѣковыхъ, годичныхъ и суточныхъ—наблюдаются еще неправильныя, случайныя, называемыя магнитными бурями (пертурбаціями), которыя стоятъ въ несомнѣнной связи съ появленіемъ полярныхъ сіяній, частотой солнечныхъ пятенъ и т. д., но свѣдѣнія наши въ этой области еще весьма скудны.

электромагнита придаютъ форму подковы и среднюю его часть оставляютъ не-покрытою оборотами проволоки.

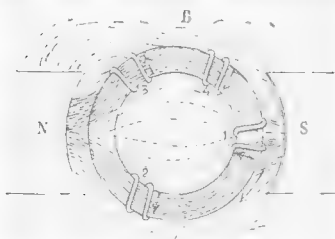
Электромагниты представляютъ многія удобства: они являются намагниченными только во время прохождения тока, причемъ степень ихъ намагниченія можетъ быть измѣняема въ широкихъ предѣлахъ путемъ измѣненія силы дѣйствующихъ токовъ; кромѣ того, измѣняя направление тока, мы тѣмъ самымъ измѣняемъ и положеніе полюсовъ. Слѣдуетъ, однако-же, замѣтить,—и это будетъ намъ весьма полезно,—что временныя магнитныя свойства, сообщаемыя желѣзу токомъ, не исчезаютъ совершенно по прекращеніи тока, что объясняется *неполной мягкостью* желѣза, изъ котораго дѣлаются сердечники электромагнитовъ. Такое желѣзо и по прекращеніи вліянія сохраняетъ нѣкоторую долю магнитизма, называемую *остаточнымъ магнитизмомъ*. Этотъ магнитизмъ будетъ еще больше, если



Фиг. 295.—Обыкновенно употребляемые полярные придатки для лабораторныхъ электромагнитовъ.

во время прохождения намагничивающаго тока подвергать сердечники какимъ-либо механическимъ дѣйствіямъ: удару, колебанію, скручиванію и т. п.

Электромагнитамъ придаютъ различную форму; ихъ полярные наконечники (придатки), или такъ-называемыя *полюсы*, могутъ отвинчиваться и имѣть ту или другую форму (фиг. 295). Въ томъ случаѣ, когда полюсы образуются двумя обращенными другъ къ другу плоскими дисками, поле въ промежуткѣ между ними почти однородно; слѣдовательно, форма поля зависитъ адѣосъ отъ формы полюсовъ. Посмотримъ теперь, какъ измѣняютъ поле, внося въ него куски желѣза различной формы. Мы уже видѣли (фиг. 65), что линіи магнитной силы въ огромномъ числѣ подходятъ къ мягкому желѣзу и проходятъ сквозь него,—въ непосредственномъ его со-сѣдствѣ силовой потокъ представляет-ся наибольшимъ. Это выражаютъ, говоря, что мягкое желѣзо болѣе *проницаемо* для силовыхъ линій, чѣмъ вытѣсненный имъ воздухъ: эти линіи во множествѣ покидаютъ воздухъ для того, чтобъ устремиться къ мягкому желѣзу.



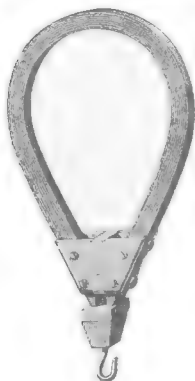
Фиг. 296.—Измѣненіе въ распредѣленіи силовыхъ линій магнита или электромагнита, происходящее при введеніи въ поле неподвижнаго кольца изъ мягкаго желѣза.—Направленіе наведенныхъ токовъ въ частяхъ проволоки 1, 2, 3, 4, при вращеніи кольца по соответствующей стрѣлкѣ

ше магнитное *сопротивленіе* цѣпи въ этомъ направленіи.

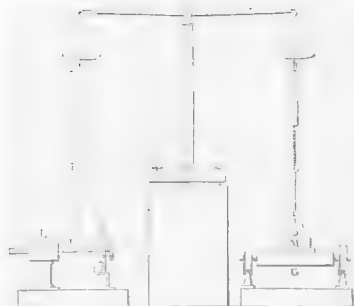
Весьма важнымъ представляется тотъ случай, когда между полюсами магнита или электромагнита помѣщается *кольцо* изъ мягкаго желѣза (фиг. 296). Здѣсь силовыя линіи раздѣляются на двѣ главныя части: одна часть проходитъ чрезъ верхнюю половину кольца, другая—чрезъ нижнюю, въ пространствѣ же, ограниченномъ кольцомъ, проходитъ лишь ничтожное количество линій; наконецъ, еще одна группа силовыхъ линій идетъ отъ сѣвернаго полюса къ южному въ пространствѣ, окружающемъ желѣзное кольцо. Итакъ, силовыя линіи *уло-*

наются главнымъ образомъ въ обѣ половины кольца. Мы знаемъ (стр. 61), что часть поверхности кольца, въ которую входятъ силовыя линіи, образуетъ южную область, а часть выхода этихъ линій изъ кольца—сѣверную. Промежуточное пространство между наконечниками магнита и кольцомъ обыкновенно бываетъ наполнено воздухомъ; чѣмъ меньше это пространство, тѣмъ многочисленнѣе силовыя линіи, идущія въ кольцо. Кусокъ желѣза, помѣщенный, подобно нашему кольцу, въ магнитномъ полѣ, часто называютъ *якоремъ* (арматурою).

Что случится, если приложить такой якорь къ полюсамъ магнита, имѣющаго, напр., подковообразную форму? (фиг. 297). Почти всѣ силовыя линіи будутъ



Фиг. 297.—Подковообразный магнитъ съ якоремъ. При замкнутой магнитной цѣпи сила магнита сохраняется долгое время.



Фиг. 298.—Вѣсы Жамена для опредѣленія подъемной силы въ разныхъ точкахъ магнита G.

проходить—отъ одного полюса къ другому—сквозь якорь, слѣдуя направленію цѣпи, образуемый магнитомъ и якоремъ.

Дѣйствіе такой системы на магнитную стрѣлку, помѣщенную вблизи, было бы равно нулю, еслибы въ воздухъ не проникало ни одной силовой линіи. Силовыя линіи дѣйствуютъ на подобіе настоящихъ цѣпей, удерживающихъ якорь въ плотномъ соприкосновеніи съ полюсами магнита. и опытъ показываетъ, что нарушить это соприкосновеніе—оторвать якорь отъ магнита—удается лишь помощью соотвѣствующаго груза, —верѣдно весьма значительнаго, —привѣшеннаго къ крючку у якоря. Тотъ грузъ, который необходимъ для того, чтобы произошелъ стрывъ, опредѣляетъ *подъемную силу* магнита; эту силу можно значительно увеличить, постепенно увеличивая выдерживаемый имъ грузъ; такое постепенное увеличеніе груза извѣстно подъ названіемъ *натанія* магнита. На фигурѣ 298 изображены вѣсы, помощью которыхъ опредѣляютъ, какимъ образомъ мѣняется величина подъемной силы магнита въ различныхъ точкахъ его поверхности, что служить указаніемъ на картину распредѣленія силовыхъ линій на протяженіи магнита.

Если мы намагнитимъ стальное кольцо, обвивъ его спиральными оборотами проволоки, по которой проходитъ токъ (фиг. 299), то такое кольцо не будетъ оказывать никакого дѣйствія на помѣщенную вблизи его магнитную стрѣлку; а между тѣмъ это кольцо несомнѣнно будетъ намагничено, что видно изъ того, что, если разрѣзать его на части, то каждая часть будетъ обладать свойствами настоящаго магнита. Индифферентное же отно-

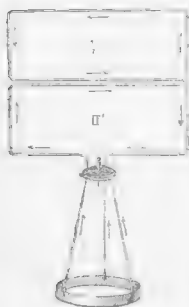


Фиг. 299. Магнитное кольцо.



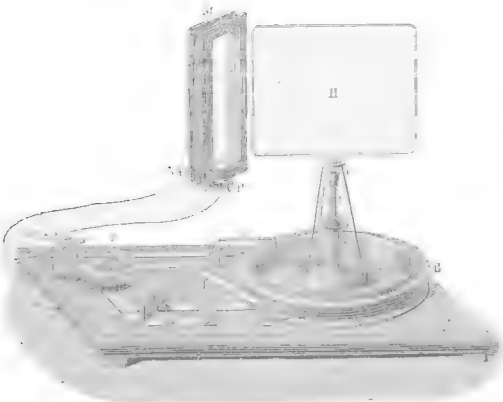
шеніе цѣльнаго кольца къ магнитной стрѣлкѣ объясняется тѣмъ, что въ пространство, окружающее кольцо, силовыя линіи намагничивающей спирали не проникаютъ, будучи воиь сподна связаны кольцомъ.

До сихъ мы изучали, съ помощью желѣзныхъ опилокъ, только тѣ случаи, въ которыхъ магниты и токи были неподвижны; точно также и арматуры, которыя вносились въ то или другое поле для наблюденія производимыхъ ими явленій въ полѣ, мы представляли себѣ неподвижными. Теперь рассмотримъ тѣ системы, въ которыхъ тѣ или другія части могутъ свободно двигаться. Въ подобныхъ случаяхъ магниты или токи, повинувшись дѣйствию силовыхъ линій, принимаютъ движеніе, соответствующее расположенію системы, — поступательное, вращательное или иное.



Фиг. 300.—Астатическая рамка.

Если устроимъ такъ, чтобы движеніе совершалось автоматически и непрерывно, то этимъ самымъ мы осуществимъ *электрическій двигатель*. Опытомъ установимъ рядъ правилъ, руководствуясь которыми можно познакомиться съ характеромъ интересующаго насъ движенія изъ нѣсколькихъ простыхъ случаевъ. Мы уже знаемъ законъ, выражающій направленіе взаимнаго дѣйствія магнитовъ и токовъ, а также наэлектризованныхъ тѣлъ; мы знаемъ, во-первыхъ, что *однородныя области отталкиваются, а разнородныя — притягиваются*, и, во-вторыхъ, что *любая сторона тока образуетъ северный магнитный полюсъ*. Слѣдовательно, для сообщенія магнитной стрѣлкѣ непрерывнаго движенія нужно только, чтобы автоматически измѣнялось направленіе дѣйствующаго на нее тока. Если замкнутый проводникъ (рамка) можетъ двигаться около оси,



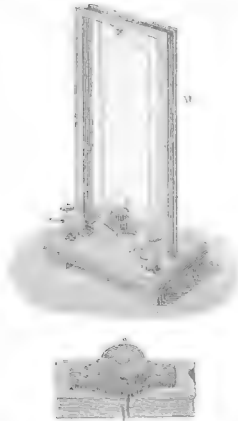
Фиг. 301.—Станокъ Ампера.

перпендикулярной къ линіямъ силы даннаго поля, то онъ приметъ такое положеніе, что его лѣвая, т.е. *северная сторона*, будетъ обращена туда, куда направляются силовыя линіи, — потокъ, проникающій сквозь проводникъ, будетъ представлять макоимумъ своей силы. Слѣдовательно, чтобы получить такую рамку, на которую поле не дѣйствуетъ, или, какъ говорятъ, *астатичную*, нужно составить ее изъ двухъ равныхъ частей

тей (фиг. 300), обращенныхъ своими лѣвыми областями въ противоположныя стороны. При помощи такъ-называемаго Амперова станка (фиг. 301) легко уяснить себѣ взаимодействие токовъ. Если чрезъ параллельныя одна другой рамки М и Н будемъ пропускать токи одного направленія, то получимъ приближеніе подвижной рамки Н къ неподвижной, откуда слѣдуетъ, что *два параллельные тока*

одного направления взаимно притягиваются. Изменивъ, помощью коммутатора С, направление тока въ одной изъ рамокъ, получимъ отталкиваніе рамки Н; изъ этого видно, что два параллельные тока, направленные въ противоположные стороны, взаимно отталкиваются.

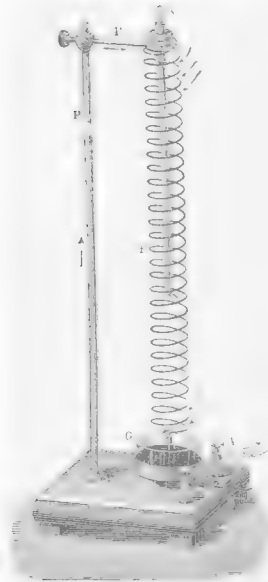
Если проводники помѣстить подъ угломъ другъ къ другу, то убѣдимся,



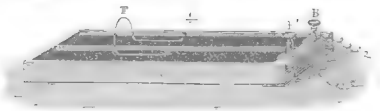
Фиг. 302.—Двигатель Э. Вия.

что два угла тока притягиваются въ томъ случаѣ, если оба они приближаются или удаляются отъ вершины образуема или острого угла, и что эти токи, наоборотъ, отталкиваются въ томъ случаѣ, если одинъ приближается, а другой въ то же время удаляется отъ сказанной вершины.

На приведенномъ законѣ основано устройство придуманнаго Э. Вияемъ небольшого электродвигателя. Внутри рамки М (фиг. 302) помѣщается рамка С, могущая двигаться около вертикальной оси. Непрерывное движеніе здѣсь достигается благодаря тому, что сама вращающаяся рамка С, посредствомъ къ ней коммутатора, измѣняетъ направленіе тока при каждомъ оборотѣ. Этотъ коммутаторъ изображенъ и отдѣльно на фигурѣ 302, подъ электродвигателемъ. — Рокѣ демонстрируетъ взаимное притяженіе параллельныхъ оборотовъ помощью прибора, представленнаго на фигурѣ 303. Вслѣдствіе притяженія оборотовъ другъ къ другу, при прохожденіи по нимъ тока, вся спираль укорачивается, благодаря чему нижній конецъ ея перестаетъ касаться руги, содержащейся въ чашкѣ G; но тогда токъ прерывается, спираль удлиняется и вновь начинаетъ касаться руги, благодаря чему прохожденіе тока возобновляется; такимъ образомъ колебательное движеніе спирали можетъ совершаться неопредѣленно долгое время.



Фиг. 303. — Притяженіе другъ къ другу со-  
сѣднихъ оборотовъ, пробѣгаемыхъ однимъ и  
тѣмъ же токомъ.

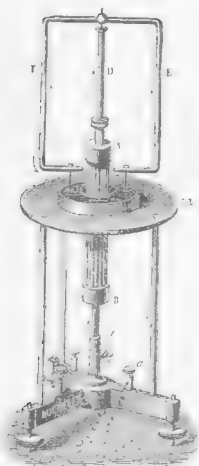


Фиг. 304.—Перемѣщеніе части F проводника, могущей  
свободно двигаться по руги.

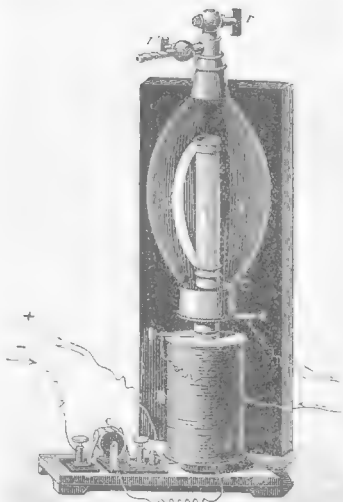
Если въ гальваническую цѣпь В F В' ввести поплавокъ, лежащій на ртути въ двухъ желобкахъ, на которые раздѣлена чашка С, то поплавокъ F станетъ удалаться, такъ что протяженіе цѣпи увеличится (фиг. 304).

Въ то время, когда явленія электромагнитнаго и электродинамическаго еще только входили въ науку, опыты вращенія токовъ магнитами или магнитовъ токами производились въ большомъ множествѣ. Изъ такихъ опытовъ мы приведемъ лишь нѣкоторые.

Помощью прибора, изображеннаго на фигурѣ 305, легко показать непрерывное вращеніе токовъ Е и F вліяніемъ полюса А магнита. Токъ входитъ по неподвижному столбику D и направляется частью въ проводникъ Е и частью въ



Фиг. 305.—Вращеніе тока дѣйствіемъ полюса А магнита.



Фиг. 306.—Вращеніе Вольтовой дуги (отъ индукціонной катушки) въ магнитномъ полѣ.

проводникъ F. Согласно правилу Ампера, токъ Е стремится привести полюсъ А къзади отъ плоскости фигуры, а токъ F—впередъ; обратно—полюсъ А стремится подвинуть токъ Е впередъ, а токъ F къзади отъ той же плоскости; отсюда—безпрерывное вращательное движеніе проволоки EF вокругъ оси D. Опорой для подвижной рамки EF служитъ ртуть, наполняющая чашечку въ верхней части столбика D, въ которую погружено верхнее остріе рамки. Опытъ удастся такъ же хорошо, если проводникъ EF замѣнить мѣднымъ цилиндромъ AP (фиг. 307).

Еще болѣе нагляднымъ можно сдѣлать этотъ опытъ, заставляя вращаться вокругъ полюса Т Вольтову дугу, полученную помощью индукціонной катушки; такое движеніе, осуществляемое при помощи прибора, представленнаго на фигурѣ 306, точно также подчиняется правилу Ампера. То же происходитъ и въ случаѣ вращенія жидкаго проводника, наприм., ртути или жидкости, способной подвергаться электролизу. На фигурѣ 306 представленъ соответствующій этому случаю снарядъ. Въ чашу с, поставленную на электромагнитъ Н и наполненную подкисленной водой, помѣщены поплавки f и f'. При прохожденіи тока чрезъ жидкость, эта послѣдняя приходитъ во вращательное движеніе, увлекая за собой

и поплавки, вправо от наблюдателя Ампера. Этот опыт, только с ртутью в качестве подвижного проводника, прозвель впервые Девн.

Нетрудно заставить вращаться и магнит под влиянием электрического тока. В трубку, наполненную ртутью, погружают магнит, к которому, с целью одѣлать его способным плавать в ртути вертикально, придают платиновый груз; в верхней части магнита сдѣлано углубленіе, также наполненное ртутью. Токъ входитъ въ это углубленіе чрезъ металлическій стержень, спускается по магниту до поверхности ртути и выходитъ чрезъ металлическое кольцо. Во время прохожденія тока магнитъ вращается около своей собственной вертикальной оси, продолженіемъ которой служитъ вышеупомянутый стержень. Тотъ же опытъ вращенія магнита токомъ можно одѣлать и такъ: острие *a* опускаютъ до уровня ртути въ трубкѣ, а магнитъ помѣщаютъ сбоку въ *AP*. Тогда послѣдній начинаетъ вращаться вокругъ острия *a*; здѣсь токъ входитъ чрезъ острие *a*, идетъ по поверхности ртути и выходитъ чрезъ кольцо *b* (фиг. 309).

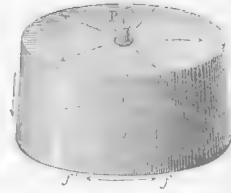
Опытъ показываетъ, что часть тока, помѣщенная въ магнитномъ полѣ, всегда стремится принять опредѣленное положеніе, согласно слѣдующему правилу:

*Наблюдатель Ампера, помѣщающійся по направлению тока и смотрящій по направлению поля, стремится перебраться въ лѣвую (по отношенію къ себѣ) сторону.*

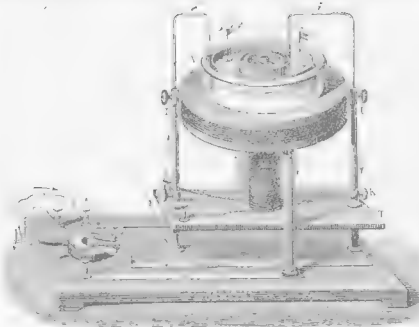
Въ этомъ легко убѣдиться изъ предшествующихъ или изъ нижеслѣдующихъ опытовъ. Относящійся сюда приборъ Лапмана имѣетъ такое устройство. Наполненная ртутью *U*-образная трубка (фиг. 310), помѣщается между полюсами подковообразнаго магнита такимъ образомъ, чтобы силовыя линіи магнитнаго поля имѣли направленіе, указываемое горизонтальной стрѣлкой; токъ идетъ снизу вверхъ, по направленію, указываемому вертикальною стрѣлкой. Согласно приведенному правилу, электромагнитное дѣйствіе стремится поднять уровень ртути въ лѣвомъ колѣнѣ и понизить его въ правомъ.

Легко употребляетъ этотъ снарядъ—въ миниатюрномъ видѣ и помѣщенный перпендикулярно къ направленію магнитнаго поля—въ качествѣ измѣрителя силы поля въ различныхъ точкахъ на его протяженіи, такъ какъ, чѣмъ больше, для одного и того же тока, разность уровней ртути въ обоихъ колѣнахъ, тѣмъ значительнѣе должна быть сила магнитнаго поля.

Руководствуясь тѣмъ же правиломъ, легко опредѣлить направленіе вращенія колеса у двигателя, придуманнаго Сторджономъ въ 1823 г. и извѣстнаго подъ названіемъ *колеса Барлоу*. Этотъ приборъ представленъ на фигурѣ 311. Магнитное поле и здѣсь производится подковообразнымъ магнитомъ, между вѣтвями котораго находится желобокъ со ртутью. Поверхности ртути касаются

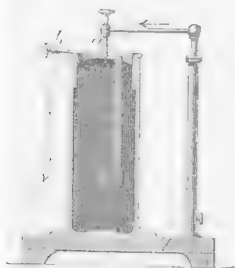


Фиг. 307. — Электромагнитное вращеніе жидкой цилиндрической поверхности.



Фиг. 308. — Электромагнитное вращеніе проводящихъ жидкостей.

нижние зубцы полога латуннаго колеса, могущаго двигаться около горизонтальной оси. Токъ вступаетъ въ ртуть, идетъ вверхъ по колесу отъ зубцовъ къ центру и выходитъ черезъ ось. Колесо при этомъ начинаетъ вращаться вѣтво отъ Амперова наблюдателя, расположеннаго по радіусу колеса, по направленію тока, и смотрящаго по направленію силовыхъ линий производимаго магнитомъ поля.

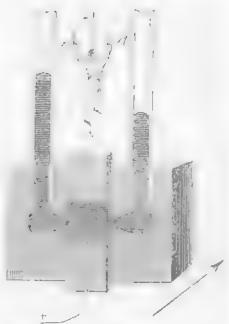


Фиг. 309. — Вращеніе токомъ магнита А, отягченнаго платиновымъ цилиндромъ.

Фарадей показавъ, что предсказать направленіе движенія, совершающагося вслѣдствіе взаимодѣйствія токовъ и магнитовъ, возможно и другимъ путемъ, именно, руководствуясь ображеніями, вытекающими изъ наблюденій магнитныхъ спектровъ.

Вотъ эти особенності:

1) Силовыя линіи, употребляясь упружкимъ ниткамъ, стремятся придать токамъ и магнитамъ изъ наименьшую длину. (См. фигуры 286 и 290)



Фиг. 310. — Поднятіе ртути электромагнитнымъ давленіемъ.

2) Взаимодѣйствіе двухъ магнитныхъ полей можно, преобразовать себѣ такъ, какъ еслибы двѣ силовыя линіи, направленные въ противоположныя стороны, притягивались, а двѣ линіи одного и того же направленія отталкивались. (См. фигуру 287).

Гауссъ, въ свою очередь, предложилъ слѣдующее правило:

Подвижной проводникъ стремится принять такое положеніе въ магнитномъ полѣ, при которомъ онъ захватываетъ бы какъ можно большее число силовыхъ линій \*). (См. фигуры 290 и 304).

Описанные простые приборы, по своей изѣжности, хрупкости, конечно, не могутъ служить для цѣлей промышленности. Они представляютъ собою снаряды для научныхъ изслѣдованій или для учебныхъ демонстрацій. При помощи ихъ мы можемъ опредѣлить законы движенія подвижныхъ частей той или иной системы магнитовъ и токовъ, помѣщенной въ извѣстныя условія. Наоборотъ, пользуясь эти-

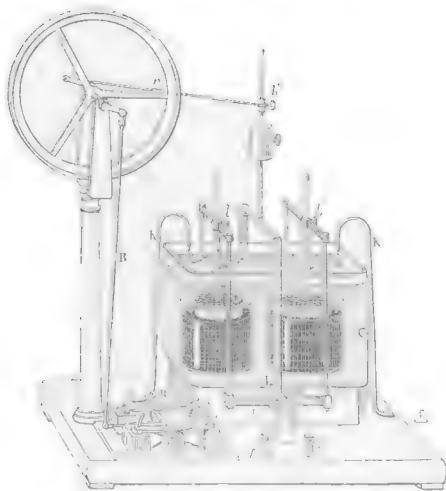


Фиг. 311. — Колесо Варлеу. Электромагнитное вращеніе.

\*) Пр. Линикъ придумалъ оригинальный электродвигатель, не основанный на свойствахъ магнитнаго поля. Этотъ приборъ состоитъ изъ стекляннаго сосуда С (фиг. 312), въ которомъ помѣщаются два стакана  $v$ ,  $v'$ , содержащіе по пакету стеклянныхъ трубочекъ  $l$ ,  $l'$ , открытыхъ на обоихъ концахъ и имѣющихъ два миллиметра въ діаметрѣ; эти трубочки, посредствомъ стержней, укрѣпленныхъ въ  $\delta$ ,  $\delta'$ , соединяются съ одной створкой рамокъ, опирающихся на концы рычага  $l$ . Въ сосуды  $v$  и  $v'$  наливаютъ ртуть, а въ сосудъ С — подкисленной воды. Трубочки  $l$  и  $l'$  наполняются снизу ртутью, сверху — подкисленной водой. Ртуть въ этихъ трубочкахъ, по причинѣ малой ихъ просвѣта, поднимается на меньшую высоту, чѣмъ на какой она стоитъ снаружи, но такъ какъ при этомъ давленіе, оказываемое ртутью на оба пакетика —  $l$  и  $l'$  — одинаково, то и давленіе, производимое соответствующими стержнями на обѣ системы трубочекъ одинаково, и аппаратъ находится въ равновѣсіи; но если соединить полюсы батарей со столбиками  $p$  и  $p'$ , а чрезъ это, — бла-

ми законами, возможно определить, каково должно быть устройство электрического двигателя, для того, чтобы он мог совершать то или иное, заранее определяемое, соответствующее цели строителя, движение. Было сделано немало попыток устроить хорошие электрические двигатели, которые могли бы замещать в практикѣ болѣе громоздкіе и менѣе чистые паровые двигатели. Исторія этихъ попытокъ начинается около 1820 г., точно въ вслѣдъ за достоятными открытіями Ампера, которыми этотъ великій ученый положилъ начало электромагнетизму (взаимодѣйствіе магнитовъ и токовъ) и электродинамикѣ (дѣйствія токовъ на токи), и мы не будемъ приводить послѣдовательныхъ фазъ ея, какъ ни интересно на нихъ прослѣдить постепенное превращеніе деликатныхъ приборовъ Ампера въ рабочія машины, — а опишемъ лишь немногіе типическіе двигатели.

На основаніи притяженія и отталкиванія магнитовъ, желѣзныхъ стержней и т. п. электромагнитами были устроены такъ называемые *качальные* электродвигатели: таковы двигатели Генри (1831 г.), Даль-Негро (1833 г.), Педжа (1834 г.) и др. Навлүчшій изъ этого рода двигателей принадлежитъ Бурбуазу. Онъ состоитъ (см. фиг. 318) изъ двухъ паръ электромагнитовъ  $E$ ,  $E$  и  $E'$ ,  $E'$ , у которыхъ желѣзные сердечники выполняютъ только нижнюю половину центрального канала катушекъ; въ эти каналы могутъ сверху входить желѣзные цилиндры, прикрѣпленные къ концамъ коромысла, которое посредствомъ патуна и эксцентрика соединяется съ маховымъ колесомъ.



Фиг. 312.—Капиллярный электродвигатель Линмана. (Видѣтъ съ тыла и проводятель электричества).

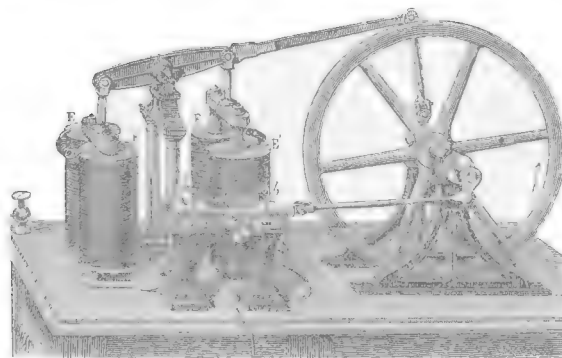
Если токъ проходитъ въ однихъ электромагнитахъ  $E$ ,  $E$ , то этими послѣдними притягиваются и входятъ въ нихъ соответствующіе цилиндры; тогда части двигателя располагаются такъ, какъ показано на фигурѣ. Если при такомъ расположеніи частей токъ прекратится въ  $E$ ,  $E$  и начнетъ проходить въ  $E'$ ,  $E'$ , то притянутся теперь цилиндры, соответствующіе только-что названнымъ электромагнитамъ, т. е. коромысло наклонится въ противоположную сторону. Эти качательныя движенія цилиндровъ, совершенно подобныя движеніямъ поршня въ

голландскомъ насосѣ, — со ртутью, содержащейся въ сосудахъ  $v$  и  $v'$ , то ртуть въ обоихъ сосудахъ будетъ имѣть разные потенциалы, вслѣдствіе чего она перестанетъ оказывать одинаковое давленіе снизу на оба пакетика трубокъ, и тотъ пакетикъ, на который давленіе ртутіи меньше, вѣскольно опускнется; это движеніе передается колесу  $r$ , а отъ него коммутатору  $B$ , который измѣняетъ потенциалы ртутіи въ обоихъ сосудахъ, и тамъ гдѣ давленіе было наибольшее, оно дѣлается наименьшимъ, вслѣдствіе чего рычагъ  $L$  дѣлаетъ казаніе въ противоположную сторону; эта сѣвка явленій совершается автоматически до тѣхъ поръ, пока дѣйствуетъ элементъ. — Замѣтить, что описанный приборъ, взятый отдѣльно отъ гальванической батареи, самъ можетъ служить провоздвигателемъ тока. Соединивъ борны  $p$  и  $p'$  съ гальванометромъ и приведя въ движеніе колесо рукою, замѣтимъ отклоненіе стрѣлки гальванометра, причемъ направленіе этого отклоненія, т. е. направленіе являющагося здѣсь тока, измѣняется съ направленіемъ вращенія колеса  $r$ .

паровой машинѣ, такъ же, какъ въ случаѣ послѣдней, превращаются во вращательное движеніе вала махового колеса.

Приспособленіе, благодаря которому въ этомъ двигателѣ достигается автоматическое приведеніе тока поочередно въ  $E$ ,  $E$  и  $E'$ ,  $E'$ , заключается въ слѣдующемъ. Положительный полюсъ доставляющей токъ гальванической батареи соединяется съ положительнымъ борномъ машины, съ которымъ, въ свою очередь, соединяются по одному концу проволокъ отходящихъ отъ всѣхъ электромагнитовъ; другой конецъ проволокъ электромагнитовъ  $E$ ,  $E$  соединенъ съ проволокою  $a$ , а электромагнитовъ  $E'$ ,  $E'$ —съ проволокою  $b$ ; съ другой стороны, отрицательный полюсъ и гальванической батареи соединяется съ проволокою  $o$ . Далѣе посредствомъ особаго шатуна и эксцентрика маховое колесо сообщаетъ качательное движеніе пластинкѣ изъ слоновой кости, съ которой соприкасаются проволоки  $a$ ,  $o$  и  $b$ ; эта пластинка покрыта въ средней своей части металлическимъ листкомъ, остающимся въ постоянномъ соприкосновеніи съ проволокою  $o$ . Когда этотъ металлическій листокъ касается проволоки  $a$ , токъ проходитъ въ электромагнитахъ  $E$ ; въ электромагниты же  $E'$ ,  $E'$  онъ не проникаетъ, такъ

какъ соответствующая имъ проволока  $b$  прилегаетъ въ это время къ непроводящей слоновой кости. Обратно, когда послѣдняя подвигается направо, съ металлическимъ листкомъ приходитъ въ соприкосновеніе проволока  $b$ , проволока же  $a$  прилегаетъ теперь къ слоновой



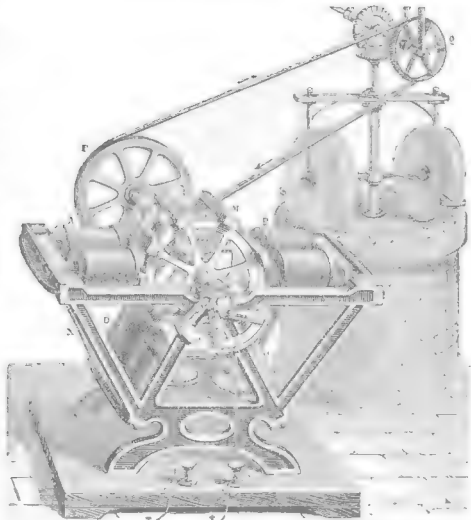
Фиг. 313.—Двигатель съ коромысломъ. (Типъ Бурбуа).

вой кости, и потому токъ проходитъ въ  $E'$   $E'$  и отсутствуетъ въ  $E$ ,  $E$ . Такимъ образомъ обеспечивается непрерывное дѣйствіе двигателя.

Въ 1852 г. Педжъ уже приложилъ свой качательный двигатель къ токарному станку и круговой пилѣ. Очевидно также, что качательнымъ движеніемъ желѣзныхъ цилиндровъ можно приводить въ дѣйствіе такіе инструменты, какъ валѣный молотъ, насосъ и т. п.

Придавъ иное расположеніе желѣзнымъ цилиндрамъ, которые въ описываемой машинѣ притягиваются электромагнитами, Фромантъ построилъ двигательъ, въ которомъ вращательное движеніе получается непосредственно—безъ помощи коромысла, шатуна и пр. Этотъ двигатель, представленный на фигурѣ 314, состоитъ изъ шести паръ электромагнитовъ— $A$ ,  $D$ ,  $C$ ,  $B$ ,  $E$  и  $F$ , поддерживаемыхъ стойкою  $X$  и расположенныхъ по окружности въ равныхъ расстояніяхъ одна отъ другой (на рисункѣ, для большей простоты, не изображены двѣ пары электромагнитовъ  $E$  и  $F$ , лежащія противъ паръ  $C$  и  $D$ ). Въ промежуточномъ пространствѣ между электромагнитами находится цилиндръ, могущій двигаться около своей оси и несущій на себѣ восемь брусковъ изъ мягкаго желѣза, расположенныхъ по окружности въ равныхъ расстояніяхъ другъ отъ друга. Токъ, доставляемый батареей, входитъ въ  $B$  и выходитъ въ  $H$ . Расположеніе частей таково, что токъ послѣдовательно проходитъ въ каждыхъ двухъ противо-

лежащих другъ другу паряхъ электромагнитовъ, вызывая притяженіе къ этимъ электромагнитамъ ближайшихъ къ нимъ въ данный моментъ желѣзныхъ брусьевъ. Указаннымъ притяженіемъ цилиндру и соединенному съ нимъ колесу Р сообщается вращательное движеніе все по одному и тому же направленію; самое же притяженіе брусьевъ достигается при помощи слѣдующаго простого механизма, схематически изображеннаго на фигурѣ 315. А, В, С, ... суть электромагниты,  $m_1, m_2, m_3, \dots$  — бруски мягкаго желѣза. Такъ какъ послѣднихъ — восемь, а электромагнитовъ имѣется только шесть паръ, то уголъ  $m_1 m_2$  меньше угла АОВ, образуемаго двумя сосѣдними парами электромагнитовъ; слѣдовательно, когда бруски  $m_1$  и  $m_2$  станутъ противъ А и В, то слѣдующіе за ними бруски  $m_3$  и  $m_4$  еще не будутъ находиться противъ Е и С, а будутъ стоять на нѣкоторомъ разстояніи отъ этого положенія. Съ другой стороны, металлическое колесо, находящееся въ постоянномъ соединеніи съ положительнымъ полюсомъ (+) батареи, снабжено восемью зубцами — по числу желѣзныхъ брусьевъ. Когда проволока В касается колеса с, токъ отъ положительнаго полюса идетъ по направленію ВА къ отрицательному. Когда одного изъ зубцовъ колеса с касается проволока с, токъ проходить чрезъ осевъ, вслѣдствіе чего соотвѣствующими электромагнитами притягиваются бруски  $m_2$  и  $m_1$ . Указанныя явленія будутъ совершаться периодически и слѣдовательно для всѣхъ электромагнитовъ, неопредѣленно долгое время, до тѣхъ поръ, пока будетъ дѣйствовать батарея, причемъ во время каждаго оборота будетъ происходить двадцать четыре послѣдовательныхъ притяженія.

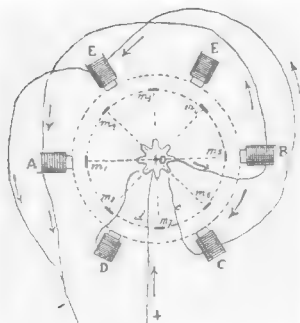


Фиг. 314. — Двигатель Фромена, приводящій въ дѣйствіе пару жернововъ.

Въ двигателѣ Якоби (фиг. 316), относящемся къ 1838 г., вращательное движеніе производится притяженіемъ подвижныхъ электромагнитовъ неподвижными. Вотъ какъ описываетъ эту машину Сильванусъ Томпсонъ: „Въ двухъ вертикальныхъ и параллельно стоящихъ неподвижныхъ деревянныхъ доскахъ укрѣплено по вѣтку изъ двѣнадцати электромагнитовъ съ чередующимися полюсами. Между этими двумя досками расположена третья, въ которой также укрѣпленъ вѣнокъ электромагнитовъ, вмѣстѣ съ которыми эта доска движется, благодаря поочередному притяженію и отталкиванію ихъ полюсами неподвижныхъ электромагнитовъ; правильное измѣненіе направленія тока, проходящаго въ подвижныхъ электромагнитахъ, производится во время прохожденія послѣднихъ предъ неподвижными, коммутаторомъ, образуемымъ четырьмя латунными колесами В, зубцы у которыхъ отдѣляются одинъ отъ другого прослойками изъ слоновой кости или изъ дерева“. Въ 1839 г. Якоби пустилъ по Невѣ со своимъ двигателемъ колесное судно, на которомъ помѣщалось двѣнадцать человекъ. Всяма сильный токъ доставлялся въ этомъ случаѣ батареей въ 128 элементовъ Грова.



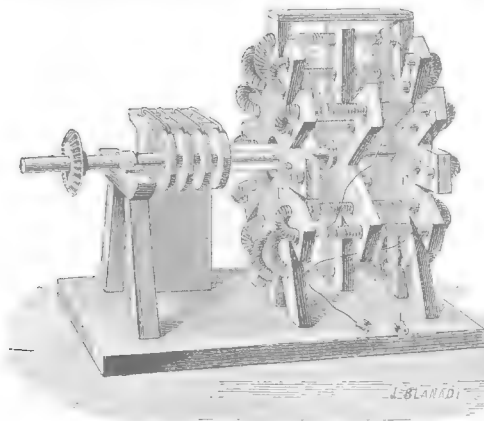
Съ тѣхъ поръ вопросу о приложеніи электричества къ передвиженію стали уделять большое вниманіе. Въ 1842 г. Дэвидсонъ устроилъ электрическую карету, которая ходила изъ Единбурга въ Глазго и обратно, со скоростью около 6 километровъ въ часъ; въ 1849 г. былъ устроенъ еще болѣе сильный двигатель Сореномъ Гёртомъ въ Ливерпуль. — Далѣе, Пачинотти въ 1861 г. устроилъ двигатель,



Фиг. 315.—Схема коммутатора Фромана.

описание которого опубликовано въ 1864 г. «Я взялъ»,—говоритъ Пачинотти,—желѣзное колесо съ шестнадцатью одинаковыми зубцами, удерживаемое и соединяемое съ осью машины помощью четырехъ желѣзныхъ брусьевъ B, B и B', B'. Въ промежуткахъ между зубцами, между трехгранными деревянными призмочками расположены спирали изъ обвитой шелкомъ мѣдной проволоки. Эти спирали являются, такимъ образомъ, вполнѣ

уединенными одна отъ другой. Каждая изъ нихъ состоитъ изъ девяти оборотовъ, идущихъ во всѣхъ спираляхъ въ одномъ и томъ же направленіи, причемъ концы спиралей примыкаютъ къ соответственнымъ промежуточнымъ призмамъ. На оси описаннаго колеса расположены всѣ идущія отъ спиралей соединительныя проволоки, такимъ образомъ, что изъ двухъ смежныхъ проволокъ одна составляетъ конецъ одной, а другая—начало слѣдующей спирали. Пройдя предварительно чрезъ соответственныя отверстія въ деревянномъ кружкѣ, надѣтомъ на ось колеса, проволоки соединяются съ насаженнымъ на ту же ось коммутаторомъ. Последний представляетъ



Фиг. 316.—Двигатель Якоби (1838 г.).

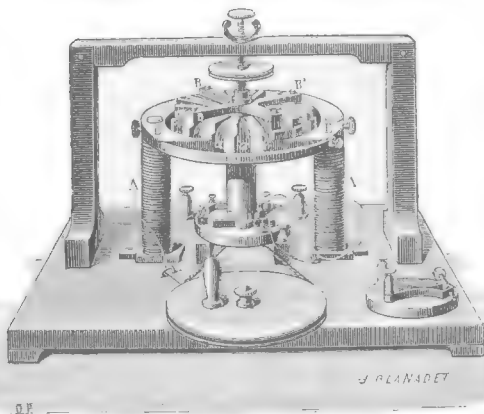
изъ себя деревянный цилиндрикъ, снабженный, по окружности, двумя рядами вырѣзовъ, въ которые входятъ шестнадцать кусковъ латуни, — причемъ восемь верхнихъ чередуются съ восемью нижними; съ каждымъ кускомъ латуни соединяются двѣ проволоки, соответствующія двумъ соседнимъ спиралямъ, такъ что всѣ спирали оказываются соединенными между собою въ одну общую спираль, или катушку. Если теперь два диаметрально-противоположные куса латуни соединить, посредствомъ металлическихъ пластинокъ, съ полюсами гальванической батареи, то токъ, раздѣлившись, пойдетъ въ соответствующія половины катушки, и желѣзное колесо намагнитится такимъ образомъ, что полюсы займутъ положеніе по диаметру, перпендикулярному къ AA'; на эти

двѣ точки, находясь въ противоположныхъ полюсахъ, оно будетъ вращаться, и, вращаясь, будетъ замыкать и размыкать электрическую цепь, что и вызоветъ вращеніе двигателя.

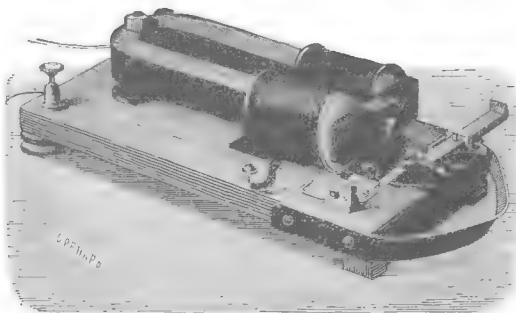
полюсы действуют полюсы неподвижного электромагнита, приводя въ движеніе колесо; положеніе полюсовъ послѣдняго при его движеніи будетъ всегда соотвѣтствовать выбранному соединенію съ батареей“.

Этотъ электрическій двигатель былъ почти незамѣченъ при своемъ появленіи, и ему суждено было фигурировать въ теченіе пѣлаго ряда лѣтъ, въ числѣ прочихъ физическихъ аппаратовъ, въ коллекціи пизанскаго университета. По достоинству онъ былъ оцененъ лишь въ 1881 г., послѣ того какъ получила широкое распространеніе почти тождественная съ нимъ машина Грамма, изобрѣтенная въ 1869 г. Въ настоящее время по типу машины Пачинотти (или, что то же, Грамма) строятся большая часть электродвигателей.

Желая показать, съ какою правильностью могутъ действовать электрическіе двигатели, Дюма, въ одномъ изъ своихъ докладовъ—по поводу машины Фромана,—рассказалъ слѣдующій любопытный фактъ. „Во время одного изъ нашихъ засѣданій на сѣбѣ въ Лондонѣ по случаю выставки, Фроманъ, неожиданно для всѣхъ, вынулъ изъ кармана свои часы и сказалъ: „Теперь безъ десяти секундъ двѣнадцать часовъ дня. По приказу столовыхъ часовъ, стоящихъ въ моемъ кабинетѣ, въ Парижѣ, моя дѣлительная машина приходитъ въ движеніе. Вотъ алмазъ чертитъ пять штриховъ въ воздухѣ,—чтобы получить настоящій ходъ и чтобы нагрѣлось смазывающее машину масло; затѣмъ онъ вырывается“—невѣсть очетъ—пять дѣленій на стеклянной пластинкѣ, чтобы пріобрѣсти увѣренность въ томъ, что стекло захватывается имъ какъ слѣдуетъ; наконецъ, пройдя опредѣленное разстояніе, онъ становится на ту точку, откуда должна начаться его настоящая работа, и начинаетъ чертить требуемыя дѣленія“.



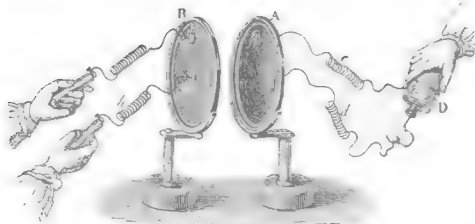
Фиг. 317.—Двигатель Пачинотти (1861 г.).



Фиг. 318.—Колотушка Брега.

дѣлая коротенькія черточки соответственно тысячнымъ долямъ миллиметра, нѣсколько болѣе длинныя чрезъ каждыя пять тонкихъ дѣленій и еще болѣе длинныя — чрезъ каждыя десять дѣленій. Окончивъ свою работу пятикоотымъ дѣленіемъ, машина останавливается, снявъ съ пластинки свое рѣзущее остріе, но не забываетъ при этомъ отмѣтить на кабинетныхъ часахъ: тридцать секундъ перваго, — для того, чтобы, хозяинъ, возвратившись въ Парижъ, могъ удосто- вѣриться въ томъ, что „электрическій слуга“ служилъ ему вѣрно“.

Если въ отношеніи правильности дѣйствія машины, описанной нами до сихъ поръ, представляются идеальными, то на ихъ рабочую силу разсчитывать отнюдь не приходится: въ этомъ отношеніи онѣ не выдерживаютъ никакого сравненія съ самыми небольшими паровыми машинами. Но еслибъ онѣ даже обладали желаемой силою, то, все-таки, гораздо выгоднѣе было бы пользоваться паровыми машинами въ качествѣ рабочей силы, такъ какъ цинкъ, растворимый, расходимый въ гальванической батарей на полученіе потребнаго тока, обходится гораздо дороже каменнаго угля: при равномъ работѣ, каменный уголь доставляетъ вдесятеро большую работу, нежели цинкъ. Такимъ образомъ успѣхи электрической механики естественно были связаны съ удачнымъ разрѣшеніемъ слѣдующихъ двухъ задачъ: 1) дешевое полученіе тока и 2) увеличеніе силы



Фиг. 319.—Наведеніе тока въ проводникъ В разрядомъ лейденской банки С черезъ проводникъ С.

электрическихъ двигателей. Эти задачи были рѣшены путемъ исследований, производившихся одновременно съ великими изслѣдованіями Ампера и основанныхъ на явленіяхъ индукціи, знаніемъ которыхъ мы обязаны болѣе всего глубокому гению Фарадея.

Разсмотримъ теперь важнѣйшее изъ этихъ явленій индукціи, съ

общимъ характеромъ которыхъ мы уже знакомы изъ отдѣла о телефонѣ. Тамъ мы изучали слѣдующіе два закона:

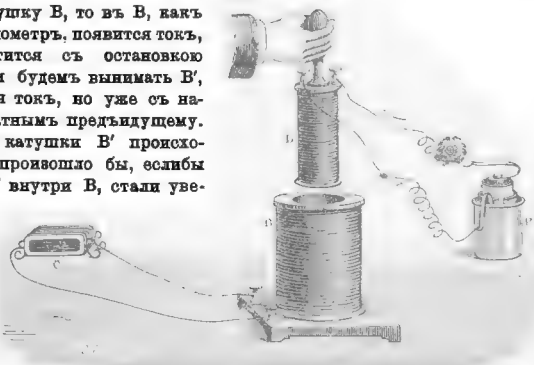
1) Въ замкнутомъ проводникѣ, помѣщенномъ въ полѣ магнита, являются электрическій токъ всякій разъ, когда происходитъ какое-либо измѣненіе силовыхъ линій этого поля, наприм., при движеніи въ немъ куска мягкаго жѣлѣза; если ударить по пуговѣ колотушей Бреге (фиг. 318), то якорь оторвется отъ магнита, и между борнами электромагнитами пробѣжитъ индукціонная искра.

2) Въ замкнутомъ проводникѣ, помѣщенномъ, по крайней мѣрѣ, нѣкоторою своею частью, въ магнитномъ полѣ, производимомъ электрическимъ токомъ, возбуждается наведенный токъ всякій разъ, когда измѣняется это поле — путемъ увеличенія или уменьшенія силы главнаго тока. На этомъ принципѣ основана уже знакомая намъ индукціонная катушка.

При разрядженіи лейденской банки чрезъ одинъ изъ двухъ соедѣнныхъ проводниковъ, въ другомъ также появляется токъ, причемъ лицо, держащее въ рукахъ концы этого наводимого проводника, испытываетъ сотрясеніе.

Въ отдѣлѣ о телефонѣ были указаны тѣ обстоятельства, отъ которыхъ зависитъ сила наведеннаго тока. Теперь прибавимъ, что если перемѣщать по отношенію другъ къ другу нѣсколько соедѣнныхъ замкнутыхъ проводниковъ, нѣз которыхъ въ одномъ, по крайней мѣрѣ, проходитъ токъ, то обнаружится дѣйствіе проводниковъ другъ на друга (*взаимная индукція*), именно гальванометры покажутъ измѣненіе во всѣхъ токахъ. Если въ нѣкоторыхъ изъ проводниковъ первоначально не было никакого тока, то въ нихъ появится токъ, на все то

время, пока будет продолжаться перемещение, причем сила его будет зависеть от силы первоначально существовавших токов и от механических свойств перемещения—от его скорости, траектории и пр. Въ сказанномъ легко убедиться на опытѣ, при помощи прибора, изображеннаго на фигурѣ 320. Въ катушкѣ В' проходитъ токъ отъ гальваническаго элемента, въ катушкѣ же В тока нѣтъ. Если станемъ опускать катушку В' въ катушку В, то въ В, какъ покажетъ гальванометръ, появится токъ, который прекратится съ остановкою катушки В'. Если будемъ вынимать В', то снова появится токъ, но уже съ направлениемъ, обратнымъ предыдущему. При приближеніи катушки В' происходитъ то же, что произошло бы, еслибы мы, помѣстивъ В' внутри В, стали увеличивать силу тока въ первой или пропускать въ нее токъ; при удаленіи той же катушки выходитъ то, что было бы въ случаѣ ослабленія или уничтоженія наводящаго тока.

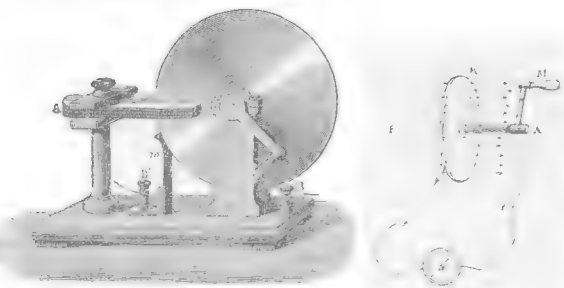


Фиг. 320. — Наведеніе тока въ проводникѣ В перемещеніемъ проводника В', въ которомъ проходитъ токъ (наводящій).

Для явленія были уже указаны, когда шла рѣчь объ индукціонной катушкѣ.

Законы, которымъ подчиняются всевозможные случаи индукціи, могутъ быть резюмированы слѣдующимъ образомъ:

Если токой или иной причиной произойдетъ перемещеніе силовыхъ линий магнитнаго поля относительно нѣкоторой части наводимаго проводника, то при этомъ перемещеніи будетъ индуцироваться электродвижущая сила  $f$  изъ-за относительнаго перемѣщенія силовыхъ линий.



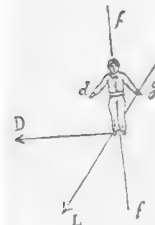
Фиг. 321. — Наведеніе тока въ проводникѣ, концы котораго соединены съ осью и ободомъ металлическаго колеса, пересѣкающаго силовыя линии поля, производимаго магнитомъ А.

Эти — то пересѣченія силовыхъ линий, этотъ пересѣченный силовый потокъ стремится возбудить въ проводникѣ такой токъ, который препятствуетъ перемещенію силовыхъ линий относительно проводника; этотъ токъ прекращается вмѣстѣ съ вызвавшимъ его перемещеніемъ; онъ тѣмъ сильнее, чѣмъ внезапнѣе и чѣмъ въ большемъ количествѣ пересѣкаются силовыя линии.

Этотъ замѣчательный законъ былъ найденъ Фарадеемъ и русскимъ ученымъ Ленцомъ путемъ опыта. Ленцъ первый, въ 1834 г., замѣтилъ, что наведе-

денный токъ всегда стремится препятствовать вызывающему его перемещению. Смыслъ этого закона и способъ его приложения можно уяснить себѣ помощью слѣдующихъ примѣровъ. Если возьмемъ два параллельные проводника, въ одномъ изъ которыхъ проходитъ токъ, то при удаленіи втораго проводника въ послѣднемъ явится токъ одного направленія съ токомъ перваго проводника, вследствие того, что два параллельные тока, направленные въ одну и ту же сторону, притягиваются, т.-е. стремятся препятствовать удаленію проводника. Такимъ же образомъ найдемъ, что при приближеніи одного изъ проводниковъ наведенный токъ будетъ имѣть направленіе, обратное наводящему.

Возьмемъ другой случай. Пусть проводникъ движется по рельсамъ съ востока на западъ, при направленіи магнитнаго поля сверху внизъ. Спрашивается,



Фиг. 322.—Направленіе наведенныхъ токовъ.

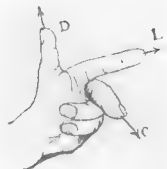
каково должно быть направленіе наведеннаго тока, въ проводникѣ, до-полняющемъ образуемую рельсами цѣпь? Вообразимъ на нашемъ проводникѣ, перемѣщающемся съ востока на западъ, наблюдателя, который смотритъ по направленію поля и лѣвая рука котораго обращена въ сторону перемѣщенія. Еслибы наведенный токъ входилъ чрезъ ноги наблюдателя, то онъ способствовалъ бы перемѣщенію (см. правило, приведенное на стр. 301); но токъ какъ онъ долженъ препятствовать ему, то онъ долженъ входить чрезъ голову наблюдателя. Еслибы перемѣщеніе проводника совершалось съ запада на востокъ, то наведенный токъ пробѣгалъ бы въ противоположномъ направленіи.

Наведенный токъ, являющийся въ проволоцѣ *f* (фиг. 322), направляется отъ ногъ къ голове наблюдателя (лежащаго на проволоцѣ), который смотритъ по направленію силовыхъ линій *L* и правая рука котораго обращена въ сторону перемѣщенія *D*. Если металлическій дискъ (фиг. 321) вращать по направленію движенія часовой стрѣлки, то наведенный токъ во вѣншей цѣпи, пойдетъ отъ *B'* къ *B*. Вращеніе диска въ обратную сторону дастъ наведенный токъ противоположнаго направленія.



Фиг. 324.—Вращающаяся медная пластинка увлекаетъ съ собою магнитную стрѣлку *ab*.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ можно вмѣсто предшествующихъ правилъ руководствоваться другими. Макоуэлль далъ слѣдующее правило, извѣстное подъ названіемъ *правила шпатора*. „Если представить себѣ шпаторъ, вращаемый такимъ образомъ, что его поступательное движеніе имѣетъ то же направленіе, какъ силовыя линіи даннаго магнитнаго поля, то наведенный токъ будетъ направленъ въ сторону вращенія шпатора въ случаѣ возбужденія тока ослабленіемъ потока индукціи и, наоборотъ,—въ противоположную сторону въ случаѣ возбужденія тока усиленіемъ потока индукціи“. *Правило трехъ пальцев*, принадлежащее д-ру Флемингу, выражаютъ такъ: „Если большой палецъ правой руки направленъ въ сторону перемѣщенія *D* (фиг. 324), а указательный—по направленію силовыхъ линій *L*, то средний палецъ можетъ принять только одно положеніе, именно такое, которое будетъ параллельно проволоцѣ, причемъ направленіе тока въ послѣдней будетъ—отъ основанія средняго пальца къ его кончику *C*.“ Это правило съ большимъ удобствомъ можетъ быть приложено къ очень многимъ случаямъ индукціи. Руководствуясь имъ, читатель можетъ легко опредѣлить направленіе тока, наведеннаго любымъ перемѣщеніемъ проводника въ данномъ полѣ. (См. фигуры 292 и 296).



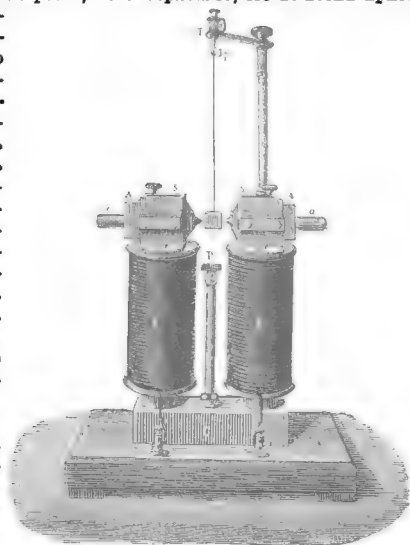
Фиг. 323.—Правило трехъ пальцевъ.

Теперь обратимся къ тому случаю, когда въ магнитномъ полѣ помѣщается не проволока *a*, а какая-либо проводящая масса, кусокъ какого-либо металла; что произойдетъ при перемѣщеніи въ такомъ полѣ? — Въ 1824 г. Гамбей замѣтилъ, что качаніе магнитной стрѣлки становится менѣе продолжительнымъ и амплитуда качанія все болѣе и болѣе уменьшается, если подѣ стрѣлкой помѣщенъ мѣдный дискъ: дискъ *покашляетъ* (успокоиваетъ) качаніе стрѣлки. Араго приписалъ это явленіе особаго рода магнитизму, для котораго онъ предложилъ названіе *магнитизма вращенія*. Заставляя такой мѣдный дискъ вращаться, онъ замѣтилъ, что магнитная стрѣлка увлекается въ сторону вращенія диска, что она сама также начинаетъ вращаться въ тотъ моментъ, когда вращеніе диска приобретаетъ достаточно большую скорость, не смотря на то, что во всемъ приборѣ нѣтъ ни малѣйшаго слѣда желѣза (*фиг.* 324). Фарадей, повторившій опытъ Араго, объяснилъ его возбужденіемъ въ дискахъ наведенныхъ токовъ. Токи эти направлены перпендикулярно къ силовымъ линіямъ, проникающимъ сквозь дискъ, и могутъ быть обнаружены, если двѣ какія-либо точки на поверхности диска соединить съ гальванометромъ. Этимъ путемъ мы убѣдимся, что явленіе, замѣченное Араго, исполнѣе согласно съ закономъ Ленца. Если распилить дискъ по известному числу радіусовъ, то его дѣйствіе или совершенно прекратится, или одѣлается ничтожнымъ.

Если между двумя полюсами электромагнита заставимъ падать монету, то увидимъ, что послѣдняя проходитъ магнитное поле медленно. Если между такими же полюсами повѣсимъ металлическій кубъ (*фиг.* 325) и, закрутивъ нить привѣса, предоставимъ кубъ самому себѣ, то онъ приметъ быстрое вращательное движеніе; но какъ только въ электромагнитѣ будетъ пущенъ токъ, кубъ тотчасъ же остановится. По прекращеніи тока сопротивление исчезаетъ, и кубъ опять начинаетъ вращаться. Приведенныя явленія объясняются наведеніемъ токовъ въ металлическихъ массахъ, при движеніи послѣднихъ въ магнитномъ полѣ. Благодаря такимъ именно токамъ и можетъ дѣйствовать телефонъ съ пластинкой изъ мѣди, алюминія или какого-либо металла.

Фуко придавъ опыту Араго еще болѣе наглядную форму. Дискъ *A* посредствомъ рукоятки *M* и системы зубчатыхъ колесъ вращаетъ между полярными придатками *NN'* и *SS'* электромагнита *D* (*фиг.* 326). Когда токъ не проходитъ въ электромагнитѣ, для вращенія диска достаточно самой незначительной силы: если же, наоборотъ, токъ проходитъ, то на вращеніе диска приходится затрачивать большую механическую работу, причемъ дискъ значительно нагревается. Тиндаль расплавлялъ такимъ путемъ сердечникъ диска, одѣланный изъ легкоплавкаго сплава.

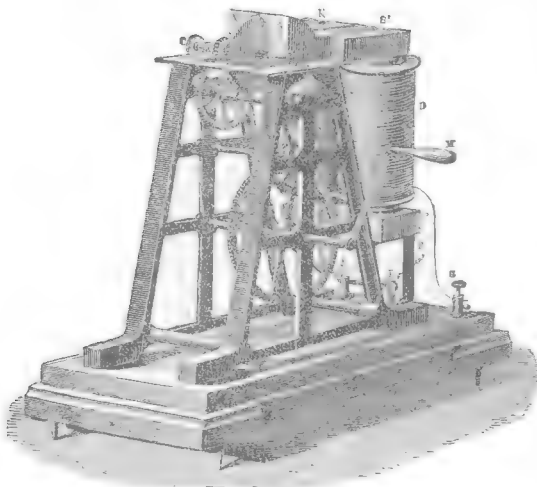
Описанный опытъ можно произвести и помощью прибора, представленнаго



Фиг. 325.—Остановка вращенія куба дѣйствіемъ электромагнитовъ.

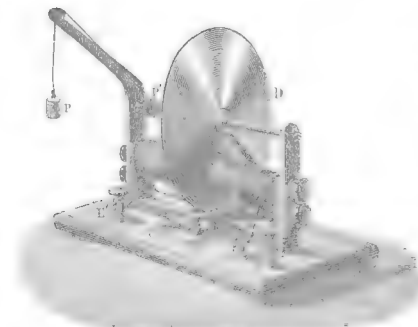
на фигурѣ 327, въ которомъ вращеніе диска производится паденіемъ груза Р.

Этотъ опытъ лежитъ въ основѣ устроеннаго Эдиссономъ *электрическаго тормоза*.



Фиг. 326.—Токи, наведенные въ металлическихъ массахъ (токи Фуко).

кундъ какъ бы невидимымъ тормазомъ. Въ этомъ состоитъ опытъ Араго, развитый Фарадеемъ. Если, по остановкѣ диска, вѣяться за рукоятку для того, чтобы вновь сообщить диску утраченное имъ движеніе, то встречаемое при этомъ сопротивленіе заставитъ насъ употребить нѣкоторую работу, которая вслѣдъ за тѣмъ появится въ видѣ теплоты, приобретаемой вращающимися тѣломъ.



Фиг. 327.—Наведеніе токовъ въ дискѣ D.

„Нѣсколько дней спустя я взялъ батарею только изъ двухъ Бунзеновыхъ элементовъ; при этомъ опытѣ плоскій дискъ изъ красной мѣди нагрѣлся въ теченіе десяти минутъ до 60°.

Дискъ приводится здѣсь во вращеніе самой каретой; для остановки послѣдней, кондуктору нужно только пропустить токъ въ электромагнитъ, между полюсами котораго дискъ вращается.

Вотъ какъ самъ Фуко излагаетъ свои, относящіеся сюда, наблюденія: „Въ то время, когда дискъ вращается съ наибольшей скоростью, достаточно пропустить въ электромагнитъ токъ, доставляемый шестью элементами Бунзена, для того, чтобы остановить дискъ въ теченіе нѣсколькихъ се-

„Помощью надлежащимъ образомъ приспособленнаго термометра легко прослѣдить шагъ за шагомъ прогрессивное повышеніе температуры. Взявъ, для примѣра, приборъ при 16° Цельсія, я видѣлъ, какъ температура сначала поднялась до 20, затѣмъ до 25, 30, 34 градусовъ... Тогда повышеніе температуры уже стало чувствоваться просто рукою.

„Тот, кому только-что указанное явление кажется заслуживающим внимания, могъ бы произвести опытъ въ увеличенномъ масштабѣ. Не подлежитъ никакому сомнѣнію, что помощью надлежащимъ образомъ устроенной машины, составленной изъ однихъ только постоянныхъ магнитовъ, можно получать достаточно высокія температуры и самымъ нагляднымъ путемъ продемонстрировать публикѣ любопытный примѣръ превращенія работы въ теплоту“.

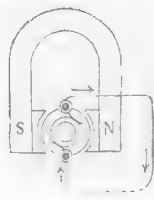
Наведенные токи, о которыхъ мы только-что говорили, часто называютъ токами Фуко.

Руководствуясь изложенными фактами, легко представить себѣ планъ построенія такихъ машинъ, которыя предназначены доставлять индуктивные токи. Именно, такая машина должна имѣть, прежде всего, органъ, производящій магнитное поле,—индукторъ, затѣмъ—часть, несущую на себѣ обмотку, по которой долженъ пробѣгать электрический токъ: эта часть называется *наводимой системой*, или *якоремъ* (*арматурою*) машины; наконецъ, машина должна заключать въ себѣ часть, собирающую токи—*коллекторъ*, расположеніе котораго мѣняется сообразно преслѣдуемой цѣли. Кромѣ перечисленныхъ главныхъ частей, въ машинѣ имѣются еще аппараты, производящіе перемѣщеніе индуктора относительно наводимой системы. Обыкновенно, движеніе, и именно вращательное, сообщается якорю. При устройствѣ машины необходимо руководствоваться правиломъ, приведеннымъ на стр. 308: такъ какъ наведенный токъ чѣмъ сильнѣе, чѣмъ большее число силовыхъ линий заравъ переѣкаются проволокою, то, располагаясь въ мѣстѣ прохожденія проволоки сильное магнитное поле, необходимо сообщать наводимой системѣ (якорю) быстрое вращательное движеніе, такимъ образомъ, чтобы направленіе, по которому силовые линии пресекаются проволокою, было какъ можно ближе къ перпендикулярному.

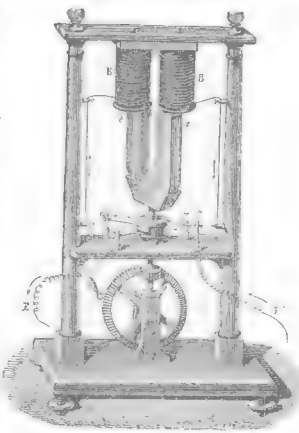
Въ первое время индукторъ въ индукционныхъ машинахъ состоялъ изъ одного или нѣсколькихъ постоянныхъ магнитовъ, почему такіе машины и назывались *магнито-электрическими*. Магнитамъ придавали подковообразную форму (фиг. 328), при которой якорь можетъ быть введенъ въ поле, производимое обоими полюсами вмѣстѣ.

Первой магнито-электрической машины публики никогда не видала. Она была описана устроившимъ ея лицомъ, въ мемуарѣ, посланномъ Фарадею 26-го іюля 1832 г. и подписанномъ инициалами М. П. Эта машина, предназначенная служить для разложенія воды, состояла изъ шести подковообразныхъ магнитовъ, расположенныхъ въ равныхъ разстояніяхъ другъ отъ друга по радіусамъ деревяннаго диска; всѣ полюсы лежали на одной окружности, причемъ положительные чередовались съ отрицательными. Дискъ вращался въ вертикальной плоскости передъ шестью арматурами изъ мягкаго желѣза, состоявшими изъ оборотовъ изолированной проволоки, имѣвшихъ поочередно то одно, то другое направленіе, чтобы во вѣншей цѣпи получался наведенный токъ неизмѣняющагося направленія.

Первою изъ машинъ, сдѣлавшихся извѣстными въ публикѣ, была машина. Шикси, которая была представлена въ академію наукъ 3-го сентября 1832 года.



Фиг. 328.—Схема магнито-электрической машины.



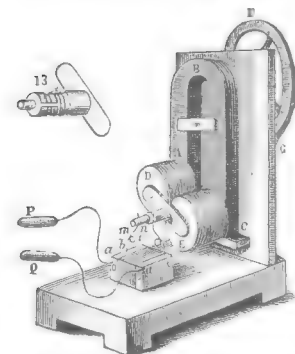
Фиг. 329.—Магнито-электрическая машина Никси (1832 г.).



Здѣсь (фиг. 829) индукторомъ служитъ магнитъ *ab*, приводимый во вращательное движеніе около вертикальной оси *c* помощью рукоятки и зубчатыхъ колесъ; во внѣшнюю цѣпь, по проволокамъ *EE'*, направляется токъ, наведенный въ неподвижныхъ катушкахъ *B, B'*.

20-го марта 1833 г. Ричи представилъ въ лондонское Королевское Общество свою магнито-электрическую машину; въ ней вращались четыре катушки между вѣтвями подковообразнаго магнита.

Въ іюнѣ 1833 г., на съѣздѣ Британской ассоціаціи въ Кембриджѣ, Секстонъ демонстрировалъ магнито-электрическую машину, на которую однако обратили вниманіе лишь въ 1836 г., когда весьма сходная съ ней машина (фиг. 330) была описана Клеркомъ. Въ этой машинѣ, магнитъ ABC утверждён на вертикальной доскѣ, а наводимая проволока навита на двѣ катушки съ сердечниками изъ мягкаго желѣза, соединенными между собою желѣзной же полосой DE. Этими катушкамъ прикрѣпленнымъ къ оси *m*, сообщается, помощью зубчатыхъ колесъ и рукоятки GT, быстрое вращательное движеніе предъ полюсами магнита. Концы наводимой проволоки соединяются съ двумя изолированными другъ отъ друга металлическими пластинками, покрывающими двѣ противолежащія половины поверхности цилиндра, образующаго ось 13; въ плоскости, раздѣляющей эти пластинки, проходятъ оси катушекъ. Такъ какъ катушки поочередно то приближаются, то удаляются отъ полюсовъ A и C магнита, то наводимый въ нихъ токъ долженъ мѣнять свое направленіе при каждомъ полуоборотѣ; но кромѣ того, онъ въ любой моментъ имѣлъ бы, не одно и то же направленіе въ обѣихъ катушкахъ, если бы послѣднія не имѣли противоположныхъ навинокъ: одна—навивку слѣва направо, другая—справа нѣтъ. Такъ какъ съ каждой изъ двухъ пружинокъ, проводящихъ токъ во внѣшнюю цѣпь, поочередно (при каждомъ новомъ полуоборотѣ) вступаетъ въ соединеніе то одна, то другая изъ двухъ пластинокъ *m* и *n*, то токъ пробѣгаетъ во внѣшней цѣпи все въ одномъ и томъ же направленіи. Это приспособленіе (коммутаторъ) для выпрямленія тока было введено въ машину Клерка Дювонъ въ 1842 г. До тѣхъ же поръ описываемой машиной пользовались только для произведенія фیزیологическихъ дѣйствій—сотрясеній, термическихъ—нагрѣванія проволоки, и т. п., для чего не требуется тока съ неизмѣняющимся направленіемъ. Если же нужно разожить воду, выпрямленіе тока является, напротивъ, необходимымъ. Сходный коммутаторъ имѣется у машины Пакси, въ *состир*.



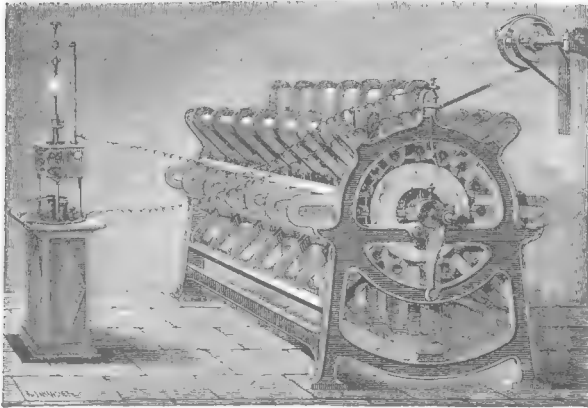
Фиг. 330.—Магнито-электрическая машина Клерка.

Пгтереръ, въ 1844 г., также устроилъ машину, принадлежащую къ разбраемому типу, и описалъ ее въ *Анналахъ Потендорфа* за упомянутый годъ. Здѣсь шесть катушекъ, расположенныхъ по вертикальному шестиугольнику, вращаются предъ чередующимися полюсами трехъ вертикальныхъ магнитовъ, также расположенными по шестиугольнику, который параллеленъ первому.

Нѣсколько лѣтъ спустя, въ 1849 г., у Ноллѣ \*) возникъ планъ устройства магнито-электрической машины, годной для промышленныхъ цѣлей. Однако, смерть помѣшала названному ученому осуществить свой планъ, и придуманная

\*) Ноллѣ, профессоръ физики въ брусельской Военной школѣ, происходилъ изъ рода аббата Ноллѣ.

имъ машина была устроена его лаборантомъ, рабочимъ Ванъ-Мальдереномъ. Впослѣдствіи, именно въ 1868 г., она была примѣнена компаніей *Сюзь* для доставленія электрическаго свѣта Гевскому маяку (близъ Гавра). Вотъ какъ описываютъ эту машину Жаменъ и Бути: „По окружности чугунной рамы расположены, на деревянныхъ перекладинахъ, восемь рядовъ подковообразныхъ магнитовъ, по семи въ каждомъ ряду (фиг. 331). Эти неподвижные магниты, изъ которыхъ каждый способенъ удерживать около 70 килограммовъ, расположены такъ, что вездѣ обращены другъ къ другу разноименные полюсы. На горизонтальномъ валу насажены шесть бронзовыхъ круговъ; по окружности каждого ихъ нитъ, какъ показываетъ фигура, расположено 16 катушекъ, изъ которыхъ каждая состоитъ изъ двѣнадцати проволокъ по 10 метровъ каждая, такъ что общая длина проволоки, намотанной на всѣ шестьдесятъ четыре катушки, составляетъ 8 километровъ. Мѣдные диски, которыми оканчиваются катушки, распилены по радіусамъ, что устраняетъ появленіе наведенныхъ токовъ въ этихъ



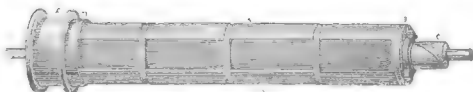
Фиг. 331.—Магнито-электрическая машина компаніи *Сюзь* (съ альтернативнымъ токомъ).

дискахъ. Навивка проволоки сдѣлана по одному и тому же направленію на всѣхъ катушкахъ, и эти послѣднія соединяются между собою посредствомъ мѣдныхъ пластинокъ, прикрѣпленныхъ къ кусочкамъ дерева, прибитымъ къ поверхности круговъ. Катушки расположены такимъ образомъ въ рядъ, одна за другою, и возбуждаемые во всѣхъ ихъ токи складываются, почему соединеніе катушекъ называютъ послѣдовательнымъ. Но можно установить и иное соединеніе—параллельное, сообщивъ въ одноименные полюсы катушекъ съ однимъ металлическимъ кольцомъ.—Для приведенія въ движеніе круговъ съ лежащими на нихъ катушками пользуются обыкновенно паровой машиной, валъ которой соединяютъ съ горизонтальнымъ валомъ машины Ноллѣ помощью безконечнаго ремня“.

Весьма сходною съ только-что описанной машиной является машина де-Меритана, которая нѣсколько отличается отъ предъидущей своею наводимой системой, образуемой здѣсь распиленнымъ по радіусамъ бронзовымъ колесомъ, на ободъ котораго расположены въ послѣдовательный рядъ плоскія катушки; эти катушки движутся въ направленіи, перпендикулярномъ направленію ихъ навивки, предъ полюсами сорока магнитовъ, расположенныхъ по радіусамъ восьми рядами, по пяти въ каждомъ.

Эти машины возбуждаютъ во вѣншей цѣпи *переключающіеся* (перемѣнные, альтернативные) токи, т.-е. такіе, направленіе которыхъ периодически мѣняется. Такіе токи именно и пригодны въ дѣлѣ электрическаго освѣщенія, такъ какъ, благодаря имъ, оба угла въ Вольтовой дугѣ тратятся одинаково, а, съ другой стороны, выпрямленіе токовъ, путемъ снабженія машины соответствующимъ коллекторомъ, было бы сопряжено съ потерей извѣстной части энергіи, въ видѣ искръ.

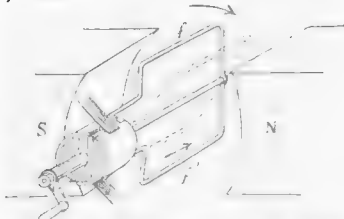
Въ большинствѣ предшествующихъ машинъ непроизводительно тратится значительная часть поля главнымъ образомъ вслѣдствіе того, что между катушками остаются пустые пространства. Сименсъ въ значительной мѣрѣ устранилъ этотъ недостатокъ, придавъ наводимой системѣ (якорю) видъ цилиндрическаго



Фиг. 332.—Катушка Сименса. (Наводимая система въ формѣ тѣплаго челнока).

тѣплаго челнока. Проволока, какъ видно изъ фигуры 332, намотана по длинѣ цилиндра. Въ первой своей машинѣ Сименсъ помѣстилъ этотъ якорь между вѣтвями наводящей системы, состоявшей изъ двадцати восьми подковообразныхъ магнитовъ, расположенныхъ, другъ возлѣ друга, такимъ образомъ, что вѣдноименные полюсы находились на одной прямой линіи. Указаннымъ устройствомъ сплошной наводимой системы (катушки), очевидно, избѣгается потеря пространства, происекавшая, въ предыдущихъ машинахъ, отъ того, что между отдѣльными катушками оставались ничѣмъ незанятые промежутки.

Еслибъ якорь состоялъ изъ одного только оборота, движущагося, въ однородномъ полѣ, вокругъ оси, перпендикулярной къ направленію поля (фиг. 333), то,—какъ легко убѣдиться, прилагая къ этому случаю, напр., правило трехъ



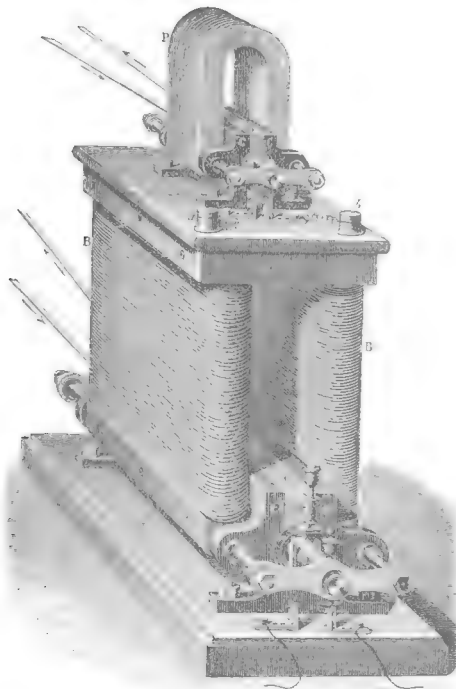
Фиг. 333.—Катушка Сименса въ видѣ одного оборота.

пальцевъ,—токи, возбуждаемые въ частяхъ  $f$  и  $f'$ , имѣли бы въ каждый моментъ противоположныя направленія, которыя измѣнились бы при каждомъ вступленіи плоскости оборота въ положеніе, перпендикулярное полю. Какъ же получить во вѣншей цѣпи токъ неизмѣняющагося направленія?—Для этой цѣли на ось, около которой вращается оборотъ, накладываются двѣ полу-цилиндрическія металлическія пластинки, изолированныя одна отъ другой и соединяемыя одна съ  $f$ , другая—съ  $f'$ . Двѣ металлическія пружины, или щетки, къ которымъ примыкаютъ концы вѣншей цѣпи, нажимаютъ—въ нашемъ случаѣ (фиг. 333)—верхняя на пластинку, соединенную съ  $f'$ , а нижняя—на пластинку, соединенную съ  $f$ . Каждый разъ въ тотъ моментъ, когда въ  $f$  и  $f'$  направленіе наведенныхъ токовъ мѣняется, щетки мѣняются пластинками, на которыя онѣ нажимаютъ, благодаря чему направленіе тока во вѣншей цѣпи во все время дѣйствія аппарата поддерживается неизмѣннымъ.

Наводимой системой Сименса, какъ болѣе выгодной, не замедлили воспользоваться и всѣ остальные строители. Вскорѣ послѣ этого дошла очередь и до преобразованія наводящей системы. Именно, Синстенденъ и Соренъ Тѣртъ предложили пользоваться въ качествѣ индукторовъ не постоянными, очень дорогими магнитами, а электромагнитами, возбуждаемыми токомъ отъ гальванической ба-

тарей или магнито-электрической машины. Такимъ образомъ, машина магнито-электрическая превратилась въ *динамо-электрическую*.

Такую динамо-машину устроилъ Вильдъ, въ 1864 г. Два вертикальные электромагнита В,В возбуждаются токомъ, доставляемымъ небольшою магнито-электрической машиной Р (фиг. 334). Между оправами (полярными придатками) электромагнитовъ остается цилиндрическое пространство, въ которомъ вращается катушка Сименса. Движеніе сообщается катушкѣ посредствомъ безконечнаго ремня, обхватывающаго ось послѣдней и валъ особаго двигателя. Ма-



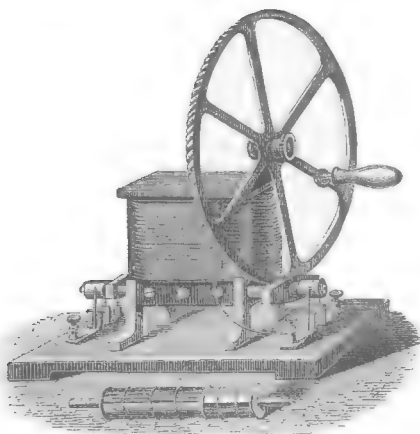
Фиг. 334.—Динамо-машина Вильда, возбуждаемая независимой магнито-электрической машиной Р.

шина Вильда имѣла большой успѣхъ на парижской выставкѣ 1867 г. Катушка у маленькой магнито-электрической машинки дѣлала 2400, а у динамо-машины 1500 оборотовъ въ минуту.

На ряду съ машиной Вильда сходная машина, но съ двумя важными особенностями, была выставлена Леддомъ. У нея наводимую систему составляли двѣ катушки Сименса, лежавшія на одной горизонтальной прямой (фиг. 335), причемъ лѣвая катушка доставляла токъ во вѣдную цѣпь, а правая—въ обмотку электромагнита.

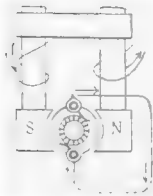
Но какимъ образомъ могла дѣйствовать эта машина, не заключающая въ себѣ ни постоянныхъ магнитовъ, ни гальванической батареи?—Благодаря есте-

ственному магнетизму желѣзной обертки, помещенной въ земномъ магнитномъ полѣ, усиливаемому механическими дѣйствіями. Помимо того, если разъ пустить токъ въ электромагнитъ, этотъ послѣдній навсегда сохранитъ остаточный магнетизмъ, котораго будетъ достаточно для возбужденія машины въ любой моментъ; развивающійся при началѣ движенія слабый токъ все болѣе и болѣе усиливается и скоро достигаетъ своей нормальной величины. Машины Вильда и Ледда называются машинами съ *независимымъ* возбужденіемъ.



Фиг. 335.—Машина Ледда, заряжаемая остаточнымъ магнетизмомъ и затѣмъ возбуждаемая катушкой Сименса.

Но спрашивается, нельзя ли обходиться безъ вспомогательной катушки, безъ возбужденія машины особой цѣпью (фиг. 836), а пользоваться для этой цѣпи тѣмъ же самымъ токомъ, который направляется во вѣдную цѣпь? Эта мысль впервые была высказана Сореномъ Лёртомъ въ 1855 г.,—о чемъ свидѣлствуетъ полученный имъ въ этомъ году патентъ,—но она прошла незамѣченной и оставалась безъ результатовъ до 1866 г., когда она одновременно стала примѣняться къ дѣлу А. Варлема, Вернеромъ Сименсомъ и Ч. Уитстономъ. Тогда-то окончательно былъ установленъ планъ построенія настоящей динамо-машины.

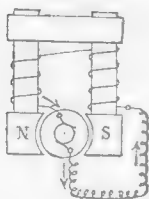


Фиг. 336.—Динамо-машина съ *независимымъ* возбужденіемъ.

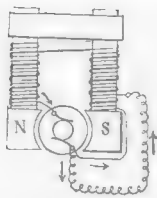
Возбужденіе наведеннымъ токомъ можетъ происходить различными способами: если въ электромагнитѣ проходить весь токъ, то возбужденіе называютъ *проходящимъ последовательно* (фиг. 837), если по проволокамъ электромагнита пробѣгаетъ только часть тока, то возбужденіе происходитъ путемъ *отщепленія* (фиг. 838). Иногда полезно бываетъ комбинировать эти два способа; тогда возбужденіе машины называютъ *смешаннымъ* (фиг. 839).

Начиная съ 1867 г., улучшения вводившіяся въ динамо-машину распространялись уже только на форму и конструкцію наводимой системы. Въ 1869 г. явилась Граммова наводимая система—въ формѣ кольца. Случай и тутъ сыгралъ свою роль.

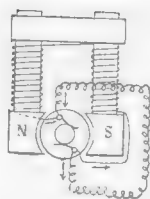
Работая над моделью одной машины для компании *Союз*, Грамм<sup>\*)</sup>, простой рабочей, придумал для удовлетворения своей безпримёрной любознательности, собственную теорию индуктивных токов, а чрезъ длинный рядъ мѣ-



Фиг. 337. — Динамо-машина съ последовательнымъ возбужденіемъ (последовательная).

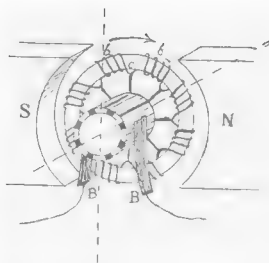


Фиг. 338. — Возбужденіе путемъ отъѣтвленія (отъѣтвленная машина).



Фиг. 339. Машина со сѣтчанымъ возбужденіемъ (сѣтчанная).

сяцевъ упорнаго труда имъ было окончено устройство новой индукціонной машины, съ тѣмъ оригинальнымъ якоремъ въ видѣ кольца, которому суждено было приобрести такое громадное значеніе въ дѣлѣ устройства современныхъ динамо-машинъ. Эта Граммова наводимая система состоитъ изъ мѣдной проволоки, намотанной въ видѣ четнаго числа одинаковыхъ спиралей на кольцо, сдѣланное изъ покрытыхъ лакомъ жѣлѣзныхъ проволокъ. Это кольцо имѣетъ то преимущество предъ обыкновеннымъ, что при немъ въ значительной мѣрѣ устраниаются вредные токи Фуко. Каждая проводочная петля  $e$ , идущая отъ одной спирали къ другой, слѣдующей за ней, соединяется съ одной изъ сторонъ мѣднаго нагольника, другая сторона которой  $T$  расположена перпендикулярно къ плоскости кольца.



Фиг. 340. — Сѣтка наводимой системы Грамма. Уголъ поворота щетокъ  $B, B'$ .

\*) Зенобу Грамму, родившемуся 4-го апр. 1826 года, въ провинціи Льежъ, было 34 года, когда онъ прибылъ въ Парижъ и въ качествѣ столяра-дѣшника поступилъ на фабрику промышленной компании *Союзъ*, которая строила магнито-электрическія машины Ноллѣ для доставленія электрическаго свѣта маякамъ. Живо заинтересованный таинственными явленіями индукціи, приложеніемъ которыхъ являлись эти машины, онъ сталъ пытаться найти имъ какое-нибудь объясненіе; не получивъ никакого образованія, Граммъ, подобно Паскалю, вновь изобрѣтшему геометрію, самъ придумалъ для себя теорію электричества. Какъ-то разъ, въ періодъ этихъ его занятій ему случилось попасть подъ руки руководство физики; это было для него откровеніемъ. Спустя нѣсколько лѣтъ усердной работы, уже перешедши на фабрику Рункорфа и усовершенствовавши машины *Союза*, онъ въ 1869 г. придумалъ свое кольцо, а въ 1873 г. устроилъ первую вполне пригодную для промышленныхъ цѣлей динамо-машину, — этотъ ключъ ко всѣмъ великимъ приложеніямъ электричества въ промышленности. Понятно, какой почетъ, какия награды должны были достаться на долю счастливаго изобрѣтателя; одна за другой слѣдовали: большая премія Общества поощренія, большія преміи на выставкахъ 1878 и 1881 гг., національная награда въ двадцать тысячъ франковъ отъ французскаго правительства и знаменитая пятидесятичная премія Вольты. Избранный уже ранѣе кавалеромъ ордена Почетнаго Лѣгона, онъ въ февралѣ 1889 г. былъ провозглашенъ офицеромъ названнаго ордена.



Придумавъ для себя теорію электричества, Грэмъ уже спустя немного лѣтъ усердной работы «окончилъ» устройство своего знаменитаго кольца.

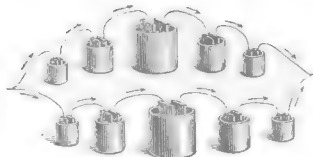
Совокупность горизонтальных ветвей всех согнутых пластинок (наугольников) образует насаженный на ось цилиндр, известный под названием *коллектора* (собирателя токов).

„Наводимая проволока, — говорит Клемансо в своей книгѣ о динамо-машинахъ, — обыкновенно изолируется двумя слоями бумажныхъ нитей, навитыми по противоположнымъ направлѣніямъ, или же однимъ бумажнымъ и однимъ шелковымъ слоями. Пластины коллектора отдѣляются одна отъ другой листами горнаго льна, картона или какого-либо иного изолирующаго вещества; наконецъ, для того, чтобы проволоки не отдѣлялись другъ отъ друга при вращеніи, кольцо крѣпко обвивается снаружи желѣзной проволокой или просмоленными шнурками. Въ такомъ видѣ кольцо наглухо, помощью деревянныхъ подкладокъ, насаживается на валъ машины, а коллекторъ зацѣпляется на томъ же валу однимъ или двумя изолированными бронзовыми кольцами. Въ настоящее время Граммово кольцо дѣлается нѣсколько иначе: собственно кольцо остается прежнее, но коллекторъ представляетъ собою надѣтый на валъ изолирующій цилиндръ, въ который вдѣланы собирающія пластинки, отдѣленные одна отъ другой картонными прослойками“.

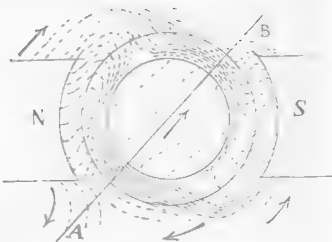
Пользуясь тѣмъ или другимъ изъ вышеуказанныхъ трехъ правилъ, легко убѣдиться, что при вращеніи кольца между полярными придатками индуктора (какъ это представлено на фигурѣ 296), по спиральнымъ оборотамъ кольца, находящимся справа отъ вертикальнаго діаметра, должны проходить токи такого направленія, какое указываютъ стрѣлки 1 и 4, а по оборотамъ, лежащимъ съ лѣвой стороны, — токи противоположнаго направленія, именно такого, какое изображаютъ стрѣлки 2 и 3; кромѣ того, индукція въ отдѣльныхъ спираляхъ должна быть тѣмъ слабѣе, чѣмъ онѣ ближе къ вертикальному діаметру.

Если устроить такъ, чтобы щетки нажимали всегда на тѣ двѣ діаметрально-противоположныя пластинки коллектора, которыя въ данный моментъ лежатъ по вертикальному діаметру, то оба противоположные тока будутъ впадать во вѣдѣнную цѣпь по одному и тому же направленію. При этомъ правыя и лѣвыя спирали будутъ дѣйствовать, подобно двумъ соединеннымъ овыми одноименными полюсами, послѣдовательнымъ гальваническимъ батареямъ, у каждой изъ которыхъ (см. фиг. 342) электродвижущая сила убываетъ отъ середины къ концамъ.

Такимъ образомъ, теорія дѣйствія Граммова кольца, какъ мы видимъ, совершенно проста. Движеніе этого кольца производить во вѣдѣнную цѣпь токъ постояннаго направленія (непрерывный, прямой). Сила же тока изменяется каждый разъ, когда чрезъ вертикальный діаметръ проходитъ новая пластинка, такъ какъ при этомъ бываетъ такой моментъ, когда щетки соприкасаются каждая съ двумя смежными пластинками коллектора заразъ, благодаря чему замыкаются въ самихъ себѣ и выдѣляются изъ цѣпи соответствующія двѣ спирали; само собой разумѣется, что степень протекающаго отсюда ослабленія силы тока тѣмъ меньше, чѣмъ меньше оборотовъ заключаются въ выдѣленныхъ спи-



Фиг. 342.—Батарея изъ элементовъ, изъ которыхъ каждый дѣйствуетъ подобно спирали въ Граммовомъ кольцѣ.

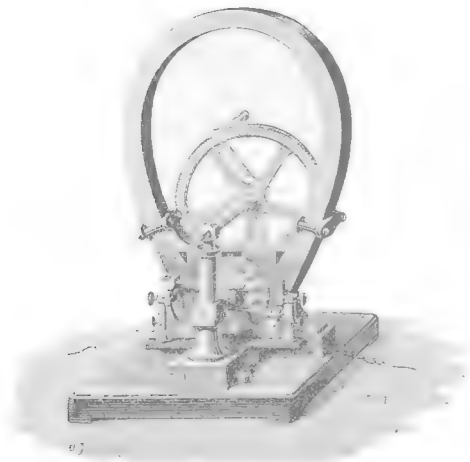


Фиг. 343.—Измѣненіе силовыхъ линій и магнитнаго поля въ магнитѣ Грамми при вращеніи кольца.



раляхъ или чѣмъ больше спиралей на кольцѣ. Такимъ образомъ, динамо-машины даютъ токъ не строго постоянной силы.

Если мы станемъ слѣдить за направленіемъ тока, пробѣгающаго въ обѣихъ половинѣхъ наводимой проволоки, то замѣтимъ, что онъ стремится обратить сердечникъ кольца въ такой магнитъ, полюсы котораго лежали бы на концахъ вертикальнаго діаметра; но вслѣдствіе того, что это намагниченіе складывается съ намагниченіемъ сердечника, производимымъ окружающимъ его магнитнымъ полемъ, тѣ точки, въ которыхъ измѣняется направленіе тока, перемѣщаются на линію АВ (фиг. 343), образующую съ вертикальнымъ діаметромъ нѣкоторый уголъ въ сторону вращенія кольца. Уголъ этотъ называется *угломъ поворота* (установки) *щетокъ*, такъ какъ положеніе щетокъ должно быть именно на линіи



Фиг. 344.—Магнито-электрическая машина Грамма.

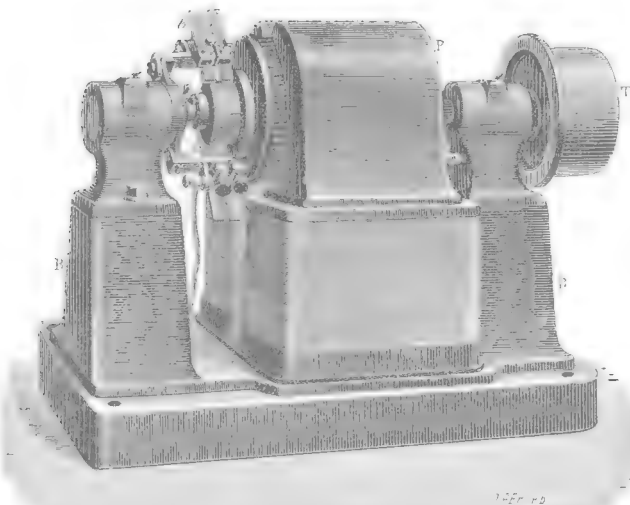
АВ. На практикѣ легко находить этотъ уголъ, выбирая для щетокъ такое положеніе, при которомъ величина искръ, пробѣгающихъ между ними и коллекторомъ, доводится до минимума.

Тѣ части наводимой проволоки, которая лежатъ на внутренней поверхности сердечника, являются непроизводительными, такъ какъ онѣ при своемъ движеніи не пересекаютъ силовыхъ линій. Еслибъ эти послѣднія, вмѣсто того, чтобы проходить въ массѣ кольца, проходили бы черезъ него, то наводимая система Грамма, какъ показываетъ любое изъ правилъ, опредѣляющихъ направленіе индуктивныхъ токовъ, была бы нигдѣ не годною, такъ какъ двѣ половины каждаго оборота спирали постоянно подвергались бы взаимно-обратнымъ индукціямъ. Правда, въ цилиндрическомъ якорѣ, безъ всякаго дѣйствія остаются только тѣ части проволоки, которая проходятъ по основаніямъ цилиндра, но за то прочная установка такой системы достигается съ большимъ трудомъ и ремонтъ ея стоитъ гораздо дороже.

На фигурѣ 344 изображена магнито-электрическая машина съ наводимой

системой Грамма. Съ коллекторомъ сверху и снизу соприкасаются щетки, изъ мѣдныхъ проволокъ, прикрѣпленныя къ борнамъ, къ которымъ примыкають концы вѣтвей цѣпи. Система зубчатыхъ колесъ позволяетъ сообщать якорю быстрое вращательное движеніе. На публичныхъ чтеніяхъ, помощью такой машины, имѣющей во всякой лабораторіи, можно легко разсѣлать тонкую проволоку, разложить воду и т. п.

Фигура 345 представляетъ превосходную динамо-машину Грамма съ непрерывнымъ (прямымъ) токомъ. Полые сердечники двухъ вертикальныхъ электромагнитовъ отлиты изъ чугуна вмѣстѣ съ рамой машины. Щетки *b*, *b*, коллекторъ и кольцо устроены такъ, какъ было указано выше. Кольцу сообщается вращательное движеніе между полярными придатками *P* электромагнитовъ посредствомъ безконечнаго ремня, обхватывающаго барабанъ *T*.



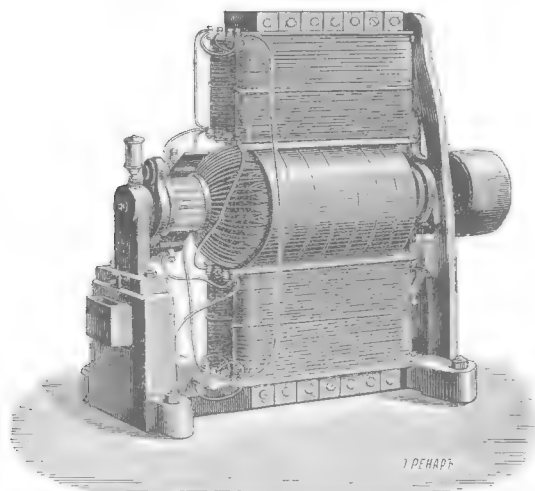
Фиг. 345.—Динамо-электрическая машина Грамма. (Верхній типъ).

Мы не станемъ описывать всѣхъ существующихъ типовъ машинъ, такъ какъ въ этомъ нѣтъ никакой надобности: читатель уже настолько освоился съ различными органами интересующихъ насъ машинъ, что легко увидѣетъ ихъ при простомъ разсмотрѣніи соответствующихъ чертежей въ периодическихъ изданіяхъ или специальныхъ руководствахъ.

Фигура 346 представляетъ ту форму машины Сименса, которая строится въ настоящее время; фигура 353—новѣйшій образецъ ея, эксплуатируемый компаніей Эдиссона. Якорь у этихъ машинъ имѣетъ форму ткацкаго челнока; длина магнитной цѣпи (т. е. путь силовыхъ линій), сдѣлана какъ можно меньше; точно также уменьшено непроизводительное промежуточное пространство между подвижной катушкой и полюсами.

Фигура 349 изображаетъ динамо-машину Уэстингауза, непосредственно приводимую въ движеніе установленнымъ рядомъ съ нею, на одномъ и томъ же осно-

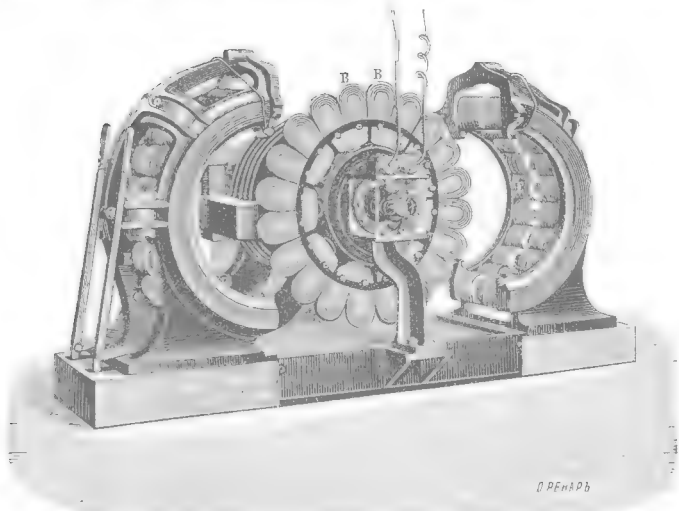
ваніи, скорымъ паровымъ двигателемъ. Укажемъ также на машину Ферранти, съ перемѣнными (чередующимися) токами, которая при своемъ появленіи, въ 1882 г., надѣлала не мало шума. Наводимая система состоитъ изъ мѣдной ленты, сложенной въ видѣ звѣзды съ 20 лучами (фиг. 347); она вращается между двумя рядами электромагнитовъ (индукторовъ) съ чередующимися полюсами, такъ что въ каждый моментъ изъ двухъ смежныхъ лучей арматуры одинъ приближается къ одному изъ сѣверныхъ полюсовъ, а другой къ одному южному; вслѣдствіе этого въ данныхъ двухъ лучахъ возбуждаются токи обратныхъ направленій, складывающіеся въ одинъ непрерывный, т. е. направленіе тока, получившагося отъ сліянія двухъ смежныхъ токовъ, совпадаетъ съ направленіемъ мѣдной ленты. Обыкновенно, для полученія болѣе сильной машины, арматуру составляютъ изъ нѣсколькихъ лентъ, расположенныхъ одна надъ другой и изолированныхъ полосками картона.



Фиг. 346.—Динамо-машина Siemens.

Теперь наша цѣль достигнута. Мы имѣемъ въ своемъ распоряженіи генераторы электрической энергіи, питаемые той или иной механической энергіей, нерѣдко даровой, каковы: энергія водопадовъ, вѣтровъ и т. п. Такимъ образомъ, благодаря возможности имѣть электрическую энергію при ничтожныхъ затратахъ, падаеъ главное неудобство, представлявшееся въ прежнее время при употребленіи электрическихъ двигателей. Но болѣе того: сопоставляя между собою выводы изъ законовъ электромагнетизма съ выводами изъ законовъ индукціи, легко видѣть, что электрическій двигатель долженъ въ то же самое время быть и генераторомъ электричества и наоборотъ — генераторъ — двигателемъ. Въ самомъ дѣлѣ, стоитъ только пустить токъ въ проволоку наводимой системы какой-нибудь динамо-машины для того, чтобъ эта система, какъ это слѣдуетъ предвидѣть на основаніи относящихся сюда законовъ, приняла вращательное движеніе въ сторону, обратную той, въ какую она должна была бы вращаться для произведенія такого тока, какой былъ пущенъ. Въ этомъ случаѣ динамо-машина дѣйствуетъ какъ *приемникъ*.

В настоящее время даже трудно понять, как не бросалось в глаза прежнимъ изслѣдователямъ присущее индукціоннымъ машинамъ свойство *оборотности*. Правда, уже Якоби замѣтилъ, что стрѣлка гальванометра, введеннаго въ такую цѣпь, которая заключаетъ въ себѣ гальваническую батарею вмѣстѣ съ электрическимъ двигателемъ, тѣмъ болѣе приближается къ нулю, чѣмъ быстрее вращеніе двигателя; что этотъ послѣдній дѣйствуетъ подобно элементамъ, *противопоставленнымъ* \*) элементамъ батареи. Съ своей стороны, Пачинотти писалъ въ 1864 г., что его двигатель, приводимый во вращеніе рукою, поддерживаетъ въ цѣпи тожъ постоянного направленія. Но первая публичная демонстрація оборотности машины Грамма, т. е. первый опытъ передачи силы на разстояніе помощью тождественныхъ снарядовъ, былъ произведенъ Фонта-



Фиг. 347.—Динамо-машина Ферранти съ альтернативнымъ токомъ.

номъ и Бреге не далѣе какъ 3-го іюня 1873 г., на вѣнской выставкѣ. Двѣ машины Грамма, соединенныя между собой двумя проводниками, были помѣщены въ небольшомъ разстояніи одна отъ другой; генераторъ приводился въ дѣйствіе газовымъ двигателемъ, а приемникъ приводилъ въ движеніе водной насосъ. Послѣ этого опыта вопросъ о передачѣ энергіи на разстояніе былъ какъ бы забытъ на нѣсколько лѣтъ, и только въ 1877 г. мы снова встрѣчаемъ осуществленіе такой передачи въ центральномъ артиллерійскомъ депо, гдѣ дѣлательная машина приводилась въ дѣйствіе двигателемъ Фромана, получавшимъ токъ отъ машины Грамма, которую приводилъ въ движеніе паровой двигатель, помѣщавшійся на заводѣ; послѣднѣе двигателемъ Фромана былъ замѣненъ другой машиной Грамма; разстояніе между генераторомъ и приемникомъ было 60 метровъ.

Въ мастерскихъ парижской компаніи Валь-д'Озонъ машину Грамма, доставившую токъ для гальванопластическихъ работъ, приводила въ движеніе дру-

\*) Противопоставленіемъ двухъ электропроизводителей называется соединеніе ихъ однородныхъ полюсовъ; при такомъ соединеніи дѣйствія электропроизводителей вычитаются.

гая такая же машина, соединенная съ паровымъ двигателемъ и помѣщавшаяся на разстояніи 160 метровъ отъ первой.

Болѣе важный опытъ былъ сдѣланъ въ маѣ 1879 г. Кретьеномъ и Феликсомъ на Сермезскомъ сахарномъ заводѣ (Марна). Въ двухъ противоположныхъ концахъ поля, которое предстояло вспахать электричествомъ, были помѣщены двѣ машины Грамма, которыя должны были дѣйствовать какъ пріемники; при этомъ одинъ изъ пріемниковъ находился на разстояніи 400 метровъ отъ генератора, стоявшаго на заводѣ и приводившагося тамъ въ движеніе паровымъ двигателемъ, а другой—на разстояніи 650 метровъ отъ завода. Пріемники по-



Фиг. 348.—Катающийся электрическій мостъ, въ машинной галлерей на Всемирной выставкѣ 1889 г.

очередно тащили плугъ при посредствѣ вѣрота. Соединительная мѣдная проволока имѣла 2 миллиметра въ толщину.

Нѣсколько мѣсяцевъ спустя, въ такихъ же опытахъ Манье въ Нуазелѣ, энергія доставлявшаяся водопадомъ, передавалась одинъ разъ на 700 метровъ, а другой—на три километра. Въ томъ же году на шотландскомъ заводѣ, одинъ пріемникъ, приводимый въ движеніе турбиною, былъ соединенъ проволокою съ другимъ пріемникомъ, приводившимъ въ дѣйствіе циркулярную пилу, токарный станокъ и сверлильную машину. На Буржскомъ артиллерійскомъ литейномъ заводѣ были установлены растягивательныя машины, употребляющіяся для испытанія упругости растяженія различныхъ матеріаловъ. Тамъ же специальный

приемник приводилъ въ движеніе катящіеся журавли, въсомъ въ 1800 пудовъ, при помощи которыхъ ворочались большія пушки. Въ настоящее время въ портахъ, на желѣзнодорожныхъ станціяхъ и т. п. товары передвигаются посредствомъ электрическихъ кабестановъ (вертикальных воротовъ) и горизонтальныхъ воротовъ, приводимыхъ въ движеніе динамо-машинной или аккумуляторами. На станціи Ла-Шапель, одной изъ важнѣйшихъ въ мірѣ, аккумуляторы заряжаются чрезъ день; электрическіе ворота на названной станціи устроены весьма просто: они состоятъ изъ двухъ динамо-машинъ, установленныхъ на четырехколесной тѣлѣжкѣ. Одна изъ этихъ динамо-машинъ приближаетъ или удаляетъ тяжесть, а другая—поднимаетъ или опускаетъ ее. Въ теченіе получаса помощью такою ворота можно убрать сто кулей или передать грузъ въсомъ въ 150 килогр. на разстояніе 23 метровъ.

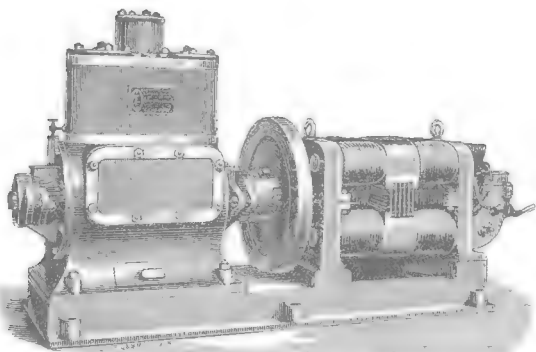
„Кто изъ посѣтителей выставки,—писалъ А. Верне въ одной изъ своихъ „Научныхъ бесѣдъ“,—не прокатился съ удовольствіемъ по всему машинному отдѣлу на одномъ изъ мостовъ (фиг. 343), покоящихся на четырехъ рядахъ желѣзныхъ перекладинахъ, служащихъ опорой для передаточныхъ механизмовъ бесчисленнаго множества машинъ. На этихъ перекладинахъ, поддерживаемыхъ легкими чугунными колоннами, проложены рельсы, по которымъ, на каткахъ, движется мостъ. Обыкновенно всегда есть много охотниковъ быстро, дѣйствіемъ какой-то невидимой силы, пронестись по всему четырехсотметровому протяженію отдѣла, надъ массою машинъ, совершающихъ свою обычную работу. Эти мосты, представляющіе громадную площадь въ 90 квадр. метровъ (18 метр. длины и 5 метр. ширины), приводятся въ движеніе помощью электричества. Механизмъ передвиженія моста слѣдующій. Паровая машина Уэстинггауза въ 25 лошадиныхъ силъ приводитъ въ движеніе динамо-машину Грамма, отъ которой токъ по двумъ кабелямъ проводится въ другой динамо-машинѣ (приемнику), находящейся на мосту. Движеніе передается путемъ тренія: ось приемника при помощи вальковъ приводитъ въ движеніе другую ось, служащую для передачи троякаго рода движеній; одно изъ послѣднихъ есть движеніе, сообщаемое мосту; два же другіе рода движенія пускаются въ ходъ тогда, когда требуется поднять какую-либо тяжесть или перемѣнить ее въ горизонтальномъ направленіи. Необходимо замѣтить, что описанные катящіеся мосты предназначаются собственно не для той цѣли, о которой только что было говорено; при помощи ихъ въ огромныхъ нынѣшнихъ металлургическихъ мастерскихъ передвигаются тяжести гораздо удобнѣе, чѣмъ въ былыя времена, когда для этого существовали только подъемные журавли, такъ что грузъ приходилось передавать съ крюка одного журавля на крюкъ другого. Если вы обойдете тѣ части выставки, гдѣ находятся чудовищной величины предметы—тогостѣйшія блянды, ломаныя мачты новѣйшихъ пароходовъ, пушки, напоминающія огромныя телескопы.—вамъ станутъ понятны старания строителей придумать удобные способы передвиженія по мастерскимъ этихъ тяжелыхъ вещей, которыя вырастаютъ лишь постепенно и которыя часто приходится быстро передавать изъ одного пункта мастерской въ другой. Въ этомъ-то отношеніи катящіеся мосты и оказываютъ неоцѣнимыя услуги. Тамъ, гдѣ эти мосты употребляются—на большихъ фабрикахъ и заводахъ,—они, однако-же, обыкновенно приводятся въ движеніе паровыми машинами, а не электричествомъ, какъ на выставкѣ“.

Съ 1888 г. передачу энергіи на разстояніе стали предлагать въ горному дѣлу. Въ Перроньерѣ (Дуара) такимъ путемъ перевозились вагонетки и тележки, въ другихъ мѣстахъ электричествомъ приводился въ дѣйствіе черпальныя машины (Данъ-Форостоя, Талернскія каменноугольныя копи). Въ Бьеннѣ (Швейцаріи) сила теченія окрестнаго горнаго потока приводила въ дѣйствіе различные рабочіе инструменты на часовой фабрикѣ.

Чтобы показать, насколько многообразны примѣненія, которымъ можетъ поддежать электрическая энергія, прибавимъ еще, что она нашла удачное примѣненіе къ воздухоплаванію, къ передвиженію трамваевъ и т. п. Однако же, Фран-

ція сильно отстала въ этомъ отношеніи. Въ то время, какъ Америка насчитываетъ 238 Обществъ электрическихъ желѣзныхъ дорогъ или трамваевъ съ 2678-километрами пути и 2938 вагонами, во Франціи имѣется до сихъ поръ всего два электрическихъ трамвая. Одинъ изъ нихъ ходитъ между бульваромъ Мадленъ и площадью Курсель; это вагонъ, по виду ничѣмъ не отличающійся отъ вагоновъ конно-желѣзныхъ дорогъ; электрическій двигатель скрытъ. Управляетъ движеніемъ одинъ человекъ; электрическая энергія доставляется заряжаемыми на станціяхъ аккумуляторами. Скорость движенія регулируется путемъ соответствующаго измѣненія вводимого въ цѣль сопротивленія (т. е. путемъ измѣненія длины вводимой въ цѣль проволоки); движеніе въ ту или другую—обратную сторону зависитъ отъ направленія тока. Въмѣсто щетокъ, которыя обыкновенно дѣлаются изъ жѣдныхъ пластинокъ или проволоки, здѣсь употребляются угольные пластинки, дающія меньше искръ; передача движенія производится зубчатыми колесами, насаженными на двигательныя оси.

Въ американской системѣ, гдѣ нужны динамо-машины—въ качествѣ генератора тока—и проволоки, имѣется жѣдный проводникъ, развѣтляющійся, когда



Фиг. 349.—Непосредственное соединеніе паровой машины съ динамо-машиной Уэстингауза.

нужно, и сообщающійся съ положительнымъ полюсомъ машины; цѣпь дополняютъ рельсомъ, соединенные съ отрицательнымъ полюсомъ.

Примѣненіе аккумуляторовъ въ этомъ дѣлѣ, въ сравненіи съ подвижными динамо-машинами, представляетъ, главнымъ образомъ, ту выгоду, что при системѣ аккумуляторовъ можно давать центральнымъ станціямъ, работающимъ для электрическаго освѣщенія только ночью, и дневную работу—зарядженіе аккумуляторовъ, безъ чего они бездѣйствовали бы половину времени.

Второй электрическій трамвай ходитъ въ Оверни по совершенно ровной дорогѣ между Клермонъ-Ферраномъ и Руайа, надъ которой господствуетъ гора Мондоръ. Тутъ на протяженіи 7 километровъ имѣется семь станцій. Движеніе доставляется не аккумуляторами. Электрическій токъ пробѣгаетъ по боковому проводнику, укрѣпленному на столбахъ; вагонъ движется по рельсамъ, соединенный съ боковымъ проводникомъ посредствомъ проволоки съ саннымъ аппаратомъ. По этому пути токъ вступаетъ въ электродвигатель, помѣщенный въ вагонѣ. Заводъ, доставляющій токъ, находится на станціи Клермонъ-Ферранъ. Въ немъ помѣщается двигатель Фардѣ въ 150 лошадиныхъ силъ, приводящій въ движеніе динамо-машину Тюрі въ 6 полюсовъ, которая даетъ токъ въ 800 вольтъ и 400

амперовъ; токъ пробѣгаетъ по мѣдному проводнику, поддерживаемому желѣзными столбами вышиною въ 8 метровъ и разставленными въ разстояніи 40 метровъ одинъ отъ другого. Имѣется только одинъ проводникъ; обращеніе тока производится вагономъ и рельсами. Проводникъ представляетъ изъ себя мѣдную трубку, съ квадратнымъ сѣченіемъ и расщепленной нижней стѣнкою. Внутри трубки скользятъ челнокъ, длиною въ 48 сантиметровъ, снабженный внизу крючкомъ, за который зацепляется идущая отъ вагона проволока. При движеніи трамвая крючокъ съ челнокомъ претѣкаютъ вдоль упомянутой щели у проводника; такимъ образомъ токъ непрерывно доставляется въ вагонъ, гдѣ установлена динамо-машина, играющая роль приемника. Этой-то машиной и приводится въ движеніе колеса. Кучеръ помѣщается на передней площадкѣ; руками у него коммутаторъ, позволяющій регулировать скорость хода; скорость эта не должна превышать 20 километровъ въ часъ.

Въ 1881 г. Марсель Депрѣ произвелъ важные опыты по вопросу о распределеніи электрической энергіи при передачѣ ея; разстояніе между генераторомъ и приемниками было не болѣе 1000 метровъ. Въ настоящее время изученіе этого вопроса еще не закончено; очевидно, что вполне практическое рѣшеніе задачи сводится къ слѣдующему:

- 1) Всѣ приемные аппараты должны получать лишь такое количество энергіи, какое имъ необходимо—ни болѣе, ни менѣ того: такъ, швейная машина требуетъ не столько энергіи, сколько воротъ.
- 2) Эти приемники должны дѣйствовать независимо: остановка тѣхъ или иныхъ изъ нихъ не должна вліять на работу остальныхъ.
- 3) Названные результаты должны достигаться автоматически и мгновенно однимъ дѣйствіемъ даннаго аппарата безъ участія представленныхъ лицъ.
- 4) Генераторъ долженъ въ каждый моментъ доставлять лишь такое количество энергіи, каковаго требуютъ всѣ работающіе въ данный моментъ аппараты.
- 5) Наконецъ, специальный счетчикъ долженъ показывать количество энергіи, израсходованное каждымъ абонентомъ всей сѣти, питаемой даннымъ генераторомъ.

Мы, конечно, не станемъ разбирать техническихъ трудностей, представляющихъ при рѣшеніи затронутого здѣсь вопроса.

Замѣтимъ, что все, сказанное до сихъ поръ о передачѣ энергіи на разстояніе, относилось только къ передачѣ на небольшія разстоянія. Для того, чтобы узнать, какъ измѣняется дѣло при значительномъ разстояніи генераторовъ отъ отъ приемниковъ, Марсель Депрѣ обратился къ опыту. Предварительно онъ воспользовался всѣмъ, что могли дать ему теорія и талантъ,—опредѣлилъ съ помощью выдающихся ученыхъ, съ одной стороны, работу, затрачиваемую въ течение опредѣленнаго времени генераторомъ, а съ другой—ту работу, которая имѣется въ распоряженіи на валу приемника. Чѣмъ болѣе отношеніе этой второй работы къ первой, тѣмъ, очевидно, лучше устроена передача. Отношеніе это называется *полезнымъ дѣйствіемъ* системы. Первые опыты были произведены Депрѣ въ сентябрѣ 1882, во время мюнхенской электрической выставки. Генераторъ былъ помѣщенъ въ городкѣ Мисбахѣ, въ 57 километрахъ отъ Мюнхена, въ которомъ находился приемникъ; это былъ первый опытъ передачи на большое разстояніе. Употребленные для этой цѣли токи имѣли большую электродвижущую силу (2000 вольтъ), генераторъ и приемникъ были одинаковыя динамо-машины Грамма. Соединительный проводникъ представлялъ собою желѣзную проволоку 4,5 миллиметровъ въ діаметрѣ.

Приемная машина, установленная въ хрустальномъ отдѣлѣ, приводила въ дѣйствіе, въ продолженіе недѣли, водяной насосъ, питавшій фонтанъ въ 2,5 метра вышины. Прекращенные, по прошествіи указаннаго времени, вслѣдствіе внезапнаго поврежденія машинъ, эти опыты были возобновлены въ 1883 г., въ Парижѣ, специальной комиссіей избранной академіей наукъ и состоявшей изъ Фрейсина, Трески, Бертрана и Корню. Опыты производились въ теченіе февраля и





Изъ всей совокупности относящихся сюда исследований Дешрё нужно заключить о возможности выгодной передачи энергіи на весьма большія расстоянія. Въ видахъ публичной демонстраціи подобной передачи, названнымъ ученымъ была устроена электрическая машина, одна изъ сильнѣйшихъ въ мірѣ, которая фигурировала въ машинномъ отдѣлѣ выставки 1889 г. Она имѣла вѣшную вѣтвьность и вѣсила четырнадцать тысячъ килограммовъ.

Самая сильная изъ всѣхъ существующихъ нынѣ индукционныхъ машинъ была построена въ 1889 г., на Детфордской центральной станціи, съ цѣлью освѣщенія весьма значительной части Лондона. У этой повстаніи гигантской машины якорь (арматура, наводимая система) имѣетъ діаметръ въ двѣнадцать метровъ. Насколько она далека отъ первоначальнаго кольца Грамма, — этой скромной машинки, которой мы обязаны распространеніемъ электрическаго освѣщенія и эксплуатаціи электрической энергіи вообще, — можно судить по тому, что для приведенія ея въ дѣйствіе требуется паровой двигатель въ тысячу двѣсти пятьдесятъ лошадиныхъ силъ.

Существовавшая сначала опасенія относительно хорошаго дѣйствія системы такихъ необычайныхъ размѣровъ были разсѣяны первымъ же испытаніемъ, указавшимъ на полную практическую пригодность машины. Первый опытъ передачи тока изъ Детфорда въ Лондонъ былъ произведенъ 7-го ноября 1890 г.; электродвижущая сила, развитая динамо-машиной при этомъ первомъ опытѣ, была лишь 5000 вольтъ, т. е. половина того, что она должна давать впоследствии; токъ при указанной огромной электродвижущей силѣ дѣли былъ проведенъ въ Чарингъ-Кроссъ. Здѣсь онъ былъ принятъ первыми трансформаторами, доведшими электродвижущую силу до 2400 вольтъ; другіе трансформаторы, помѣщенные въ извѣстныхъ пунктахъ передаточной сѣти, могутъ довести электродвижущую силу до 100 вольтъ, — числа, считающагося въ настоящее время нормой.

Опытъ Детфордской центральной электрической станціи представляетъ высокій интересъ. Онъ показываетъ, что электрическое освѣщеніе наиболѣе населенныхъ частей большихъ городовъ можно организовать съ достаточной выгодой и большими удобствами, помѣщая гдѣ-нибудь въ сторонѣ отъ города большія станціи съ аппаратами большой электродвижущей силы; посылаемые отсюда токи могутъ быть преобразуемы, помощью соотвѣствующихъ трансформаторовъ, въ мѣстахъ непосредственной эксплуатаціи, т. е. въ населеннѣйшихъ мѣстахъ города. Этимъ устраняется необходимость имѣть въ самомъ центрѣ города шумныя станціи, съ ихъ паровыми машинами и гигантскими трубами, извергающими цѣлыя облака густого дыма.

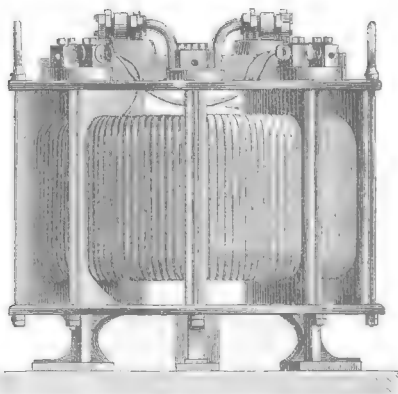
Экономическія выгоды требуютъ, чтобы электрическая энергія, подлежащая тѣмъ или инымъ практическимъ примѣненіямъ, передавалась въ видѣ слабыхъ токовъ при большой электродвижущей силѣ дѣли. Но въ такомъ случаѣ, очевидно, необходимо, чтобы токи уже на мѣстѣ утилизаціи преобразовывались въ токи соотвѣтствующей большей силы при соотвѣтственно меньшей электродвижущей силѣ. Такое преобразование тока производится при помощи снарядовъ, извѣстныхъ подъ названіемъ *трансформаторовъ*.

Если, положимъ, дѣло идетъ о переменныхъ (альтернативныхъ) токахъ, предназначенныхъ для электрическаго освѣщенія, то употребительные въ этомъ случаѣ трансформаторы могутъ быть сведены къ слѣдующимъ двумъ весьма простымъ типамъ (фиг. 350). Въ первомъ, сходномъ съ кольцомъ Грамма, на сердечникѣ изъ желѣзныхъ проволокъ намотаны вѣтви двѣ проволоки; концы болѣе длинной проволоки *ab* соединены съ борнами того проводника, который приводитъ альтернативный токъ; утилизируется же, проводится въ лампы накалыванія тока, наводимый этимъ послѣднимъ во второй проволоки *a'b'*.

Замѣтимъ тутъ, что въ катушкѣ Румкорфа, помощью которой разрѣшается задача, какъ разъ обратная той, какая разрѣшается предъидущимъ трансформаторомъ, вторичная проволока, наоборотъ, длиннѣе первичной.

Въ трансформаторѣ второго типа обѣ проволоки, первичная и вторичная, навиты такъ, что образуютъ кольцо, а на это кольцо намотана еще желѣзная проволока.

Люсьенъ Голяръ первый, путемъ ряда изслѣдованій, доведеннаго до конца съ рѣдкой настойчивостью, показать всю выгоду, представляемую употребленіемъ трансформаторовъ: трансформация поглощаетъ лишь весьма ничтожную часть энергіи, доставляемой токомъ. „Въ трансформаторѣ Голяра,—говоритъ Эрнестъ Жераръ,—обороты первичной спирали чередуются съ оборотами вторичной на прямолинейномъ желѣзномъ ядрѣ. Иногда два одинаковыхъ ядра соединяются вмѣстѣ, въ однородную магнитную цѣпь. Обѣ намотки образованы кольцевыми сегментами, вырѣзанными изъ мѣдныхъ листовъ; сегменты наложены одинъ на другіе, изолированы тонкими картонными кольцами и соединены такъ, что образуютъ двѣ плоскія спирали, причемъ первичная спираль—непрерывная, а вторичная состоитъ изъ ряда секцій, соединенныхъ путемъ отвлѣченія. Столь большая близость первичной проволоки трансформатора ко вторичной представляетъ то неудобство, что создаетъ большую возможность внутренняго соприкос-



Фиг. 351.—Трансформаторъ Циперновскаго.

новенія и такимъ образомъ ведетъ къ увеличенію электродвижущей силы во вторичной цѣпи. Кромѣ того, проволоки относятся одна къ другой, какъ двѣ обкладки конденсатора, что, въ виду высокаго потенциала первичной цѣпи, можетъ вести къ опаснымъ электрическимъ разрядамъ“.

Инженеры Циперновскій, Дери и Блэти, мастерскія Ганцъ К<sup>о</sup> устроили трансформаторы, принадлежащіе къ тому и другому типу. На фигурѣ 351 представленъ внѣшній видъ трансформатора Циперновскаго, а фигура 352 изображаетъ трансформаторъ Уэстингауза, весьма распространенный въ Америкѣ.

Всѣ трансформаторы строятся по одному и тому же принципу; для всѣхъ ихъ служитъ типомъ знакомая читателю катушка Румкорфа, а потому мы не станемъ останавливаться на различныхъ образцахъ этихъ снарядовъ.

Городъ Парижъ, въ результатѣ открытаго имъ конкурса по вопросу объ электрическомъ освѣщеніи рынковъ, остановился на двухъ различныхъ типахъ машинъ. Во-первыхъ, ему нуженъ былъ типъ небольшой электродвижущей силы, дающій прямые токи; этого рода машины поставляютъ компанія Эдиссо-

на; во-вторых—типъ, дающій альтернативные токи при большой электродвижущей силѣ; изъ такихъ типовъ городъ выбралъ типъ Ферранти, уже утилизируемый для Лондона Детфордской станціей.

Работаютъ шесть динамо-машинъ Эдиссона (фиг. 353) и три—Ферранти; типы эти уже знакомы читателю. Мы обратимъ вниманіе лишь на систему канализации, и прежде всего на сѣть съ небольшою электродвижущей силой. Возьмемъ эту сѣть въ рынкахъ; на самыхъ рынкахъ имѣются спеціальныя приспособленія, о которыхъ говорить здѣсь не будемъ. Инженеры сочли невозможнымъ воспользоваться водосточными трубами, въ которыхъ и безъ того помѣщается не мало другихъ канализаціонныхъ системъ; затѣмъ, влажность въ этихъ трубахъ мало благоприятствуетъ изоляціи токовъ, слишкомъ близкое соудство телефонной сѣти съ сѣтью, предназначенной для электрическаго освѣщенія, можетъ вести къ нежелательной индукціи, наконецъ, трубы вообще мало гарантированы отъ всевозможныхъ поврежденій. Въ виду всего этого рѣшено было устроить совершенно отдѣльную отъ водосточныхъ канализаціи. Кабели были проложены подъ троттуарами, въ просторныхъ желобахъ изъ литого цемента; въ опредѣленныхъ мѣстахъ въ этихъ желобахъ имѣются деревянныя рамки съ крючками изъ зеркальнаго (бѣлаго) чугуна, поддерживающими проводники; подъ шоссе кабели опускаются на глубину одного метра; смотровые колодцы устроены такъ, что всегда возможно легко произвести повѣрку и необходимый ремонтъ. Сердцевина кабелей состоитъ изъ скрученныхъ мѣднѣхъ луженыхъ проволокъ и окружена, во-первыхъ, тонкимъ слоемъ чистаго каучука, во-вторыхъ, слоемъ, образуемымъ смѣсью каучука съ хлопчатой бумагой, и, наконецъ, она оплетена просмоленной пенкой. Поперечное сѣченіе кабеля измѣняется, смотря по дунку прохожденія, отъ 40 до 120 квадр. миллиметровъ. Иное расположеніе имѣетъ сѣть большой электродвижущей силы, питаемая токами Ферранти. Для нея, по причинѣ узкости троттуаровъ на улицахъ Вовилль и Коккальеръ, необходимо было воспользоваться водостоками. Кабель имѣетъ весьма сложное устройство; онъ заключенъ въ свинцовую трубку толщиной въ  $2\frac{1}{2}$  миллим. Тамъ, гдѣ начинается районъ непосредственной утилизации, кабели расходятся, оставаясь на всемъ пути совершенно изолированными; они помѣщаются въ деревянныхъ оболочкахъ, снаружи покрытыхъ смолою и поддерживаемыхъ фарфоровыми изоляторами въ цементныхъ желобахъ.



Фиг. 352.  
Трансформаторъ Уэстингауса.

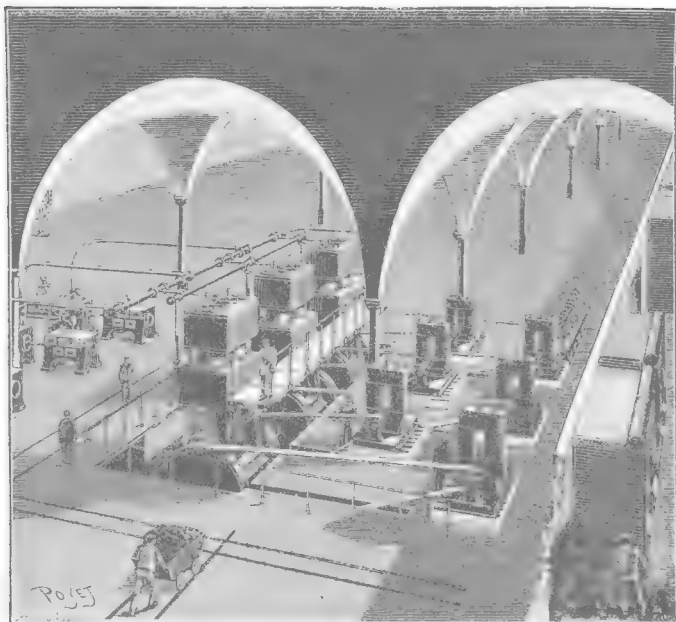
Пробѣгающій по этой столь тщательной устроенной сѣти альтернативный токъ отъ динамо-машинъ Ферранти можетъ доставлять электродвижущую силу 2400 вольтъ. Для преобразованія этой громадной электродвижущей силы въ силу, пригодную для удовлетворенія обыкновенныхъ потребностей, т. е. въ силу 100 вольтъ, пользуются уже известными намъ трансформаторами, инициатива въ устройствѣ которыхъ принадлежитъ Льюису Голяру.

Вопросъ объ электрическомъ освѣщеніи живо интересуетъ въ настоящее время всѣ большіе города. Въ Лондонѣ и Нью-Йоркѣ онъ служитъ темой самыхъ оживленныхъ преній.

Даже слабыя альтернативные токи представляютъ извѣстную опасность. Компанія подводныхъ кабелей не рѣшается переходить электродвижущей силы въ 40 вольтъ изъ опасенія ослабить изоляцію проволокъ, какъ ни тщательно она сдѣлана. Эдиссонъ предѣльной цифрой для альтернативныхъ токовъ считаетъ 200 вольтъ, между тѣмъ какъ для прямыхъ (непрерывныхъ) онъ допус-

каетъ 700 вольтъ. Въ Англіи парламентскимъ актомъ установленъ для альтернативныхъ токовъ высшій предѣлъ въ 400 вольтъ.

И научныя изслѣдованія, и несчастія, случающіяся съ людьми на каждомъ шагѣ, показываютъ, что канализаціонныя системы, предназначенныя для проведенія электрическихъ токовъ, сила которыхъ будетъ все болѣе и болѣе возрастать, по мѣрѣ развитія науки, должны устроиваться съ величайшими предосторожностями. Публика должна знать, что въ этихъ неподвижныхъ и на взглядъ столь безобидныхъ проволокахъ пробѣгаетъ сама молнія. Горе тому, кто дотронется до линіи: если изоляція проволоки несовершенна, то чрезъ тѣло такого лица пройдетъ отвѣтленный токъ, сила котораго можетъ быть достаточна для



Паровые двигатели Уайера и Ричмонда. Динамо-машинъ Эдиссона. Паровики Вельвилъ.  
Фиг. 353.—Городской электрическій заводъ на Центральныхъ рынкахъ.

причиненія смерти. Если, напр., дотронуться до неизолированнаго проводника обѣими руками, то токъ при прохожденіи чрезъ тѣло изъ одной руки въ другую встрѣчаетъ на пути сердце. Если система металлическаго проводника достаточно велика и человѣкъ дотронувшійся до него, изолированъ отъ земли не проводящимъ слоемъ, напр., ковромъ, то отвѣтленный токъ можетъ быть слабымъ и человѣкъ можетъ отдѣлаться лишь сильнымъ сотрясеніемъ; если же, лицо, прикасающееся къ проволоцѣ, сообщается съ обширнымъ проводникомъ, то токъ проходитъ чрезъ тѣло такого лица съ большою силою и дѣйствіе его въ подобныхъ случаяхъ почти всегда роковое. Самую большую опасность представляетъ токъ, проходящій чрезъ сердце или мозгъ. Указанную опасность прикосновенія къ линіи необходимо имѣть въ виду тѣмъ болѣе, что въ самыхъ

домах наших пробѣгаютъ проводники, нерѣдко обладающіе электродвижущей силой свыше 500 вольтъ и могущіе поэтому служить причиною самыхъ серьезныхъ несчастій. До тѣхъ поръ, покада изолирующіе слои новы и сохраняютъ свои хорошія качества, опасности, конечно, нѣтъ никакой; но бѣда въ томъ, что колебанія тока производятъ молекулярныя колебанія въ удивительномъ шестствѣ, чѣмъ мало-по-малу уничтожается упругость послѣдняго. Измѣненное токомъ изолирующее вещество вбираетъ въ себя влагу, а вода, какъ хорошій проводникъ электричества, устанавливаетъ сообщеніе между проволокою и предметомъ, съ ней соприкасающимся.

Электричество представляетъ опасность въ троякомъ отношеніи. При большомъ количествѣ его и малой силѣ оно расплавляетъ недостаточные проводники и полупроводники; при значительной электродвижущей силѣ (иначе—при высокомъ давленіи) оно стремится разорвать недостаточные проводники и, оставивъ первоначально указанный ему путь, проложить себѣ новый; наконецъ, однимъ своимъ вхожденіемъ въ проводникъ или выхожденіемъ изъ него электричество возбуждаетъ мгновенный наведенный токъ въ сосѣднихъ проводникахъ.

Во Франціи несчастные случаи до сихъ поръ еще бывали рѣдко. Въ Парижѣ такихъ случаевъ извѣстно всего два: одинъ изъ нихъ произвелъ большую сенсацию. Дѣло было въ 1882 г., на правдникѣ, устроенномъ въ Тюльерійскомъ саду съ благотворительной цѣлью представителями печати. Какой-то неразумный хотѣлъ тайкомъ пробраться въ садъ, освѣщенный электричествомъ. Онъ схватилъ ничѣмъ не изолированный кабелъ и въ то же мгновеніе былъ убитъ наповалъ.—Община Дѣлефи въ Дромѣ освѣщается электричествомъ съ 28-го декабря 1888 г. Альтернативный токъ производится въ Беконнѣ гидравлическою силою и передается въ Дѣлефи, на расстояние четырехъ километровъ, по безопасному проводнику, обладающему электродвижущей силой въ 2000 вольтъ; оттуда токъ проводится въ трансформаторы Пиперновскаго, гдѣ энергія преобразуется такимъ образомъ, что получается электродвижущая сила въ 100 вольтъ, т. е. именно такая, какая необходима для цѣлей освѣщенія. Одинъ рабочий—каменьщикъ, не желавшій вѣрять, чтобы эти мѣдныя проволоки, которыя проходили мимо его окна, могли представлять какую-нибудь опасность, рѣшился убѣдиться въ этомъ лично. Выбравъ хорошій сентябрьскій вечеръ, онъ заперся въ своей комнатѣ, раздѣлся, открылъ окно и приложилъ правую руку ко вторичной проволоцѣ. Не испытывая никакого непріятнаго ощущенія, онъ приложилъ къ проволоцѣ и лѣвую руку, во въ это мгновеніе что-то искривило ему пальцы и онъ противъ воли крѣпко сжалъ проволоку обѣими руками; такимъ образомъ онъ сдѣлался беззащитной жертвой альтернативнаго тока при электродвижущей силѣ въ 100 вольтъ. На его крикъ по случаю поздняго времени (было одиннадцать часовъ ночи) не скоро прибѣжали сосѣди, тѣмъ болѣе, что и мѣстность нѣсколько пустынная; но вотъ сбѣжался народъ, выломали дверь, а помочь никто не можетъ: чуть кто дотронется до него, какъ тотчасъ же теряетъ всю свою силу, такъ что несчастный самъ сталъ молить людей не трогать его. Къ счастью, кто-то догадался попросить по телефону, чтобы въ Беконнѣ прекратили токъ на минуту. Только тогда сбѣжавшіе могли выпустить проволоку, но еще долго послѣ того руки ему не повиновались и онъ все божился, что теперь то его ужъ не поддѣнутъ...

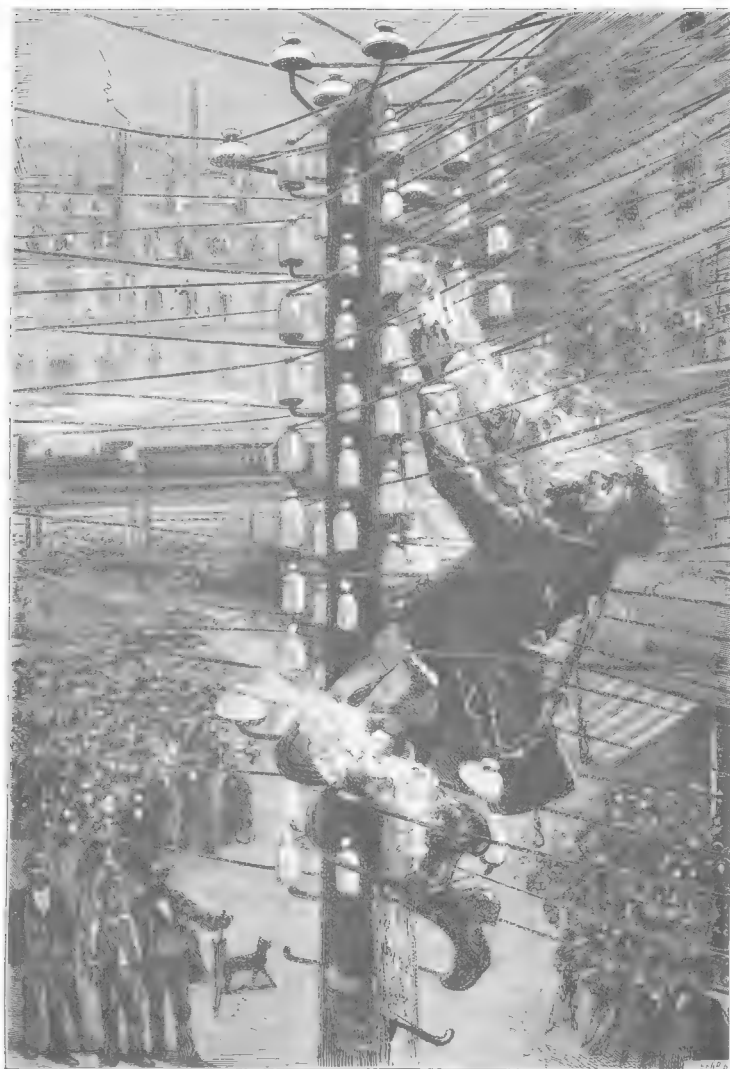
Это происшествіе, которое на утро такъ повзбавило все мѣстное населеніе, доказываетъ, между тѣмъ, что альтернативные токи, при которыхъ электродвижущая сила цѣли не превышаетъ 100 вольтъ, могутъ причинять только боль, но настоящей опасности не представляютъ. Пятка, перенесенная рабочимъ, дѣлалась не болѣе четверти часа; неизвѣстно, что бы стало съ нимъ, еслибы она продолжалась долѣе; во всякомъ случаѣ, весь слѣдующій день онъ чувствовалъ себя истуваномъ. Если таково значеніе альтернативныхъ токовъ при 100 вольтъ, то нетрудно представить себѣ, какъ должны дѣйствовать 2000 вольтъ.

Количество производимыхъ электричествомъ пожаровъ довольно велико.

Въ Оперѣ, по заявленію д-ра Жюля Рошара, съ тѣхъ поръ, какъ освѣщеніе вмѣсто прежнихъ 7500 газовыхъ рожковъ стало производиться 6500 Эдиссоновыми лампочками, случилось не менѣ двѣнадцати мелкихъ пожаровъ, изъ которыхъ одинъ произошелъ благодаря паровымъ двигателямъ для электрическихъ машинъ, а другіе—въслѣдствіе соприкосновенія обнаженныхъ отъ изолирующаго вещества проволокъ съ деревянными частями зданія.—Въ Америкѣ, гдѣ приложеніе электричества въ качествѣ двигательной силы и для цѣлей освѣщенія получило огромное распространеніе, число несчастныхъ случаевъ очень значительно. Число убитыхъ въ Соединенныхъ Штатахъ съ 1880 г. показано официально въ 116; что же касается пожаровъ, то имѣ нѣтъ числа. Особенно достается въ такихъ случаяхъ пожарнымъ. Ихъ обыкновенно убиваютъ обрушивающіяся крыши, увлекающіяся за собой прикрѣпленные къ нимъ проволоки. Одинъ, какъ рассказываютъ, былъ убитъ оттого, что какъ-то разрубилъ топоромъ проволоку, мѣшавшую ему приставить лѣстницу: токъ проникъ въ тѣло несчастнаго по влажной рукояткѣ топора. Кромѣ того, электрический токъ, какъ доказалъ путемъ опытовъ нью-іоркскій физикъ Б. Паркъ, можетъ быть проведенъ по струѣ, выпускаемой изъ пожарной трубы, и убитъ пожарнаго, держащаго металлическій наконечникъ.

Страшная драма разыгралась 12-го октября 1889 г., въ срединѣ дня, въ одномъ изъ самыхъ оживленныхъ нью-іоркскихъ кварталовъ на углу Центра и Чамберсъ-стрита. Одному изъ телеграфныхъ рабочихъ нужно было залѣзть на огромный столбъ, поддерживающій проволоки. Минувая благополучно проволоки, доставляющія токъ лампамъ съ Вольтовой дугой и очутившись наверху, рабочий дошелъ до тѣхъ проволокъ, къ которымъ можно было прикасаться безъ всякой опасности для себя, такъ какъ онѣ проводили слабые токи. Но чѣмъ выше онъ поднимался, тѣмъ больше его опутывала густая сѣть проволокъ и, наконецъ, онъ попалъ въ такое мѣсто, откуда, казалось, немислимо было выбраться; однако-же, онъ хотѣлъ попытаться пройти выше, но въ это мгновеніе онъ почувствовалъ себя совершенно скованнымъ проходящимъ черезъ него токомъ. Тогда началась страшная сцена. Народъ [стоялъ] внизу и безпомощно смотрѣлъ на несчастнаго, лицо котораго было искажено страданіемъ. Скоро изо рта у него, изъ рукъ и ногъ стало извергаться тухое платя и зловонный рабочий началъ сгорать въ медленномъ огнѣ; полчаса продолжалась эта агонія, при которой присутствовали нѣмныя отъ ужаса толпы народа. Помощь, присланная Западной телеграфной компаніей, опоздала: нашли уже совершенно обуглившійся трупъ (фиг. 254).

Въ виду такихъ ужасныхъ происшествій нью-іоркское городское управленіе сняло болѣе 110000 километровъ воздушной проволоки. Но дѣло въ томъ, что со стороны подземныхъ проволокъ опасность нисколько не меньше. Какаго молнія можетъ сравниться по своему разрушительному дѣйствію съ такой стихіей, о какой говорится въ нижеслѣдующемъ примѣрѣ. „Вслѣдствіе нарушенія непрерывности подземнаго проводника для электрическаго освѣщенія, на углу Вильямъ-стрита и Уолль-стрита (въ Нью-Йоркѣ), токъ при электродвижущей силѣ, не превышавшей 100 вольтъ, расплавилъ кабели и окружающія ихъ чугунныя трубы на протяженіи нѣсколькихъ футовъ и даже двухметровую площадь прилежащей мостовой“. Эдиссонъ утверждаетъ, что подземныя проволоки гораздо опаснѣе воздушныхъ. „До сихъ поръ неизвѣстно такой изоляции, посредствомъ которой мы могли бы гарантировать себя отъ разрушительнаго дѣйствія тока высокаго давленія болѣе, чѣмъ на извѣстный, ограниченный срокъ; а когда притомъ проволока помѣщается подъ землею, по современной системѣ проводныхъ трубъ, неизбежнымъ результатомъ долженъ быть рядъ гибельныхъ прикосновеній — расплавленіе проволокъ, образованіе электрическихъ дугъ, которыя должны распространяться на другіе металлические проводники, расположенные въ той же трубѣ; всѣ эти опасныя токи будутъ приняты цѣлою массой проволокъ, которыя проведутъ ихъ въ жилища, магазины и пр. Такимъ



Фиг. 354.—Сожженный электричествомъ.



образомъ очевидно, что опасность большой электродвижущей силы дѣйствительно представляется не только со стороны проволоки, проводящей токъ высокаго давления, и не со стороны воѣхъ проводовъ, проходящихъ въ той-же трубѣ, хотя бы и въ отдаленныхъ трубкахъ, даже если эти соосѣнные провода проводятъ токи слабые, при нихъ условія совершенно невнятные\*.

Увеличение числа несчастныхъ случаевъ благодаря все большему и большому распространению альтернативныхъ токовъ высокаго давления—это фактъ, признанный физиками и физиологами. Эдиссонъ дѣлитъ всѣ токи, по дѣйствию ихъ на человѣка, на четыре категоріи: 1) слабые прямые (непрерывные) токи, проходя чрезъ тѣло человѣка, не вызываютъ неприятныхъ ощущений; 2) очень сильныя непрерывныя токи уже представляютъ опасность; 3) прерывистые токи могутъ вызвать параличъ и даже смерть; 4) наконецъ, альтернативныя токи высокаго давления убиваютъ, какъ молнія. Именно токами послѣдней категоріи была совершена страшная казнь \*) въ Оборнской тюрьмѣ въ Нью-Йоркѣ, 6-го августа 1890 г. (см. 355).

Главнѣйшее орудіе этой казни была доставлявшая альтернативныя токи машина Уэстингауза съ ея возбуждателемъ. Движеніе передавалось этимъ машинамъ при помощи безконечныхъ ремней отъ пароваго двигателя въ 45 лошадиныхъ силъ,—двигателя, гораздо болѣе сильнаго, чѣмъ требовалось,—который помѣщался во второмъ этажѣ зданія тюрьмы, на разстояніи трехъ сотъ метровъ отъ роковаго стула. Проводки динамо-машины оканчивались на специальной доскѣ, на которой были расположены два вольтметра Кардо, съ ихъ приборочнымъ сопротивленіемъ, и двадцать Эдиссоновыхъ лампъ, при электродвижущей силѣ въ 100 вольтъ, расположенныхъ въ параллель и въ отвлѣченіи отъ динамо-машины, такъ что нормальная сила свѣта у этихъ лампъ означала, что въ цѣпи, включающей лампы, имѣется разность потенціала въ 1000 вольтъ. На той же доскѣ находился амперметръ Бергама, введенный въ главную цѣпь и долженствовавшій, такимъ образомъ, показывать силу тока, проходившаго чрезъ

\*) Въ 1888 г. законодательный собраніе штата Нью-Йорка, послѣ долгихъ прерій, было принять законъ, предписывающій употребленіе электричества для исполненія смертной казни. Въ виду того, что известные спеціалисты настойчиво указывали на безчеловѣчный характеръ казни чрезъ повѣшеніе, приводя тотъ аргументъ, что при такой казни не происходитъ моментальныхъ разрывъ позвоночника, а медленное задушеніе, длящееся не менѣе 20—30 минутъ,—была избрана парламентская коммиссія, которая должна была рѣшить, какими способомъ казни лучше всего замѣнить казнь чрезъ повѣшеніе. Эта коммиссія остановилась на электричествѣ, и законъ, долженствовавшій освятить эту новую методу, былъ обнародованъ 1-го января 1889 г. Первый, кому вышло на дому испытать на себѣ новый способъ казни, былъ вѣто Комплеръ, приговоренный къ смерти за убійство. Предъ тѣмъ какъ совершилась казнь, въ мірѣ ученыхъ спеціалистовъ происходила ожесточеннѣйшіе споры о пригодности новой казни. Въ числѣ приверженцевъ были изобрѣтатель того аппарата, при помощи котораго должна была быть исполнена казнь, электрикъ Гарольдъ Вружъ, Эдиссонъ и докторъ Петерсенъ; они выставили альтернативный токъ высокаго давления какъ надежное средство для причиненія быстрой смерти, безъ предшествующихъ страданій, и брались доказать это путемъ опыта на лошадахъ, телѣтахъ и собакахъ, большинство которыхъ действительно погибли при 700 вольтѣхъ. Въ качествѣ противниковъ выступили такіе выдающіеся ученые, какъ докторъ Франклинъ Нотъ, Джонъ Нобль и проф. Макъ-Эдди, которые утверждали, что никогда нельзя полагаться на возможность умерщвленія даннаго субъекта токкомъ определенной силы: все зависитъ отъ силы сопротивленія этого субъекта. Макъ-Эдди рассказывалъ про себя самого, какъ однажды, въ ужасную грозу, когда онъ находился на памятникѣ Вашингтона, ему случилось испытать дѣйствіе электрическаго удара не менѣе, чѣмъ въ 3000 вольтъ, причѣмъ волосъ на головѣ у него встали дыбомъ, нѣтъ одежды вылетѣла испры, между тѣмъ какъ онъ остался совершенно невредимъ. Такихъ же случаевъ не мало приводили и другіе; однако-же, въ концѣ-концовъ, побѣду одержали приверженцы электричества какъ орудія казни. 6-го августа 1890 г., произошла и самая казнь. Послѣ того какъ осужденнаго приготовили къ смерти священникъ, его усадили на электрической стулъ, затянули ремни и пустили токъ. Послѣдовао сильнѣйшее подергиваніе во всѣхъ мышцахъ преступника, лицо выражало глубокое страданіе. Спустя семнадцать секундъ прекратили токъ, расчленивая, что преступникъ уже убитъ. Но онъ оказался живъ. Тогда пожелали возобновить токъ, но этого нельзя было сдѣлать въ тотъ же моментъ. А между тѣмъ у преступника на губахъ стояла пѣна, ротъ искривился судороги, грудь высоко поднималась. Наконецъ, токъ былъ пущенъ вторично. Всклѣвъ за тѣмъ отъ тѣла сталъ подниматься блѣднъ наръ и распространяться ужасный запахъ: тѣло несчастнаго горѣло.



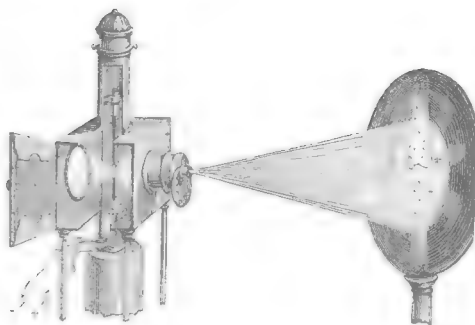
Фиг. 355.—Смертная казнь путем электричества.

тѣло осужденнаго; но этимъ амперметромъ въ надлежащій моментъ, къ несчастью, не воспользовались. На доскѣ помѣщалось, кромѣ того, еще два коммутатора, изъ которыхъ одинъ предназначался для введенія въ отвѣтственную цѣпь лампы-указателей, а другой — такъ-названный *роковой коммутаторъ* — для введенія въ главную цѣпь студа. Этотъ послѣдній былъ снабженъ ремнями для прикрѣпленія къ нему преступника. Токъ отъ машины входилъ черезъ темя и остистый отростокъ позвонка при посредствѣ двухъ чашечныхъ электродовъ съ влажными губками внутри.

Въ точности неизвѣстно, черезъ сколько времени послѣ того, какъ токъ былъ замкнутъ, последовала смерть Кеммлера. Въ виду того, что вопросъ о пригодности описаннаго способа казни не можетъ еще покуда считаться рѣшеннымъ, мы приведемъ мнѣнія по этому поводу различныхъ авторитетовъ, что дастъ намъ возможность составить себѣ объ этомъ предметѣ болѣе или менее независимое сужденіе. Вотъ что говоритъ отецъ относившагося сюда закона, докторъ А. П. Саутовикъ: „Объ этой казни было много сантиментальныхъ разговоровъ, въ которыхъ однако было мало здраваго смысла. Я отнюдь не думаю, чтобы это была послѣдняя казнь путемъ электричества; напротивъ, я думаю, что за ней послѣдуетъ сколько угодно другихъ. Ею была доказана справедливость мысли, положенной въ основу новой метода, а потому я считаю санкционирующий ее законъ вполне разумнымъ. Казнь была совершена удачно: Кеммлеръ дѣйствительно умеръ немучительной смертью“. Депутатъ Коронеръ, Дженкинсъ, произволившій вскрытіе трупа, высказался слѣдующимъ образомъ: „По моему разумію, казнь путемъ электричества лучше казни чрезъ повѣшеніе: она происходитъ гораздо быстрѣе и не сопровождается столькими мученіями. Я присутствовалъ при пяти или шести повѣшеніяхъ и ни разу не видалъ, чтобы смерть наступила ранѣе, чѣмъ чрезъ 8—10 минутъ“. А вотъ мнѣніе по этому поводу Чарльза Бернса, который наблюдалъ за дѣйствіемъ машины, служившей для казни: „Казнь Кеммлера несомнѣнно есть дѣло, выполненное неудачно, но единственно потому, что не были приняты надлежащія предосторожности. Прежде всего, динамо-машину по-просту помѣстили на полу, нисколько не повзбавившись укрѣпить ее на мѣстѣ. При нормальной скорости движенія машина, дававшая переменныя токи, испытывала сильнѣйшее колебаніе, перемѣщаясь на 12—25 миллиметровъ. Передаточный валъ былъ положенъ на неустойчивую деревянную опору, что представляло неблагопріятное условіе для правильнаго вращенія блоковъ; ремни были новые, такъ что когда, по введеніи въ цѣль новаго сопротивленія, — кресла съ тѣломъ Кеммлера, — въ первый разъ былъ пущенъ токъ, ремни готовы были соскочить съ блоковъ“. Эдиссонъ, спрошенный по тому же дѣлу, отвѣчалъ такъ: „Въ 1887 г. я писалъ, что всей душою прямикаю къ новому движенію, имѣющему цѣлью уничтожить предсмертныя мученія. Если, — говорилъ я тогда, — полное уничтоженіе страданія не можетъ быть достигнуто, то, по крайней мѣрѣ, необходимо стараться довести страданіе до минимума, что лучше всего можетъ быть осуществлено при помощи машины съ альтернативнымъ токомъ. То же мнѣніе держусъ я и сейчасъ. Если вѣрить газетамъ, то въ томъ, что казнь Кеммлера была совершена не такъ, какъ слѣдовало, виноваты врачи; электроды тока надо было приложить не къ костямъ черепа, представляющимъ собою дурные проводники, а къ рукамъ. Такъ было слѣлаво во всѣхъ тридцати случаяхъ казни въ Нью-Йоркѣ и ближайшихъ къ нему мѣстностяхъ, гдѣ смерть наступала мгновенно, хотя токъ не имѣлъ и половины той силы, какая была взята для несчастнаго Кеммлера. Врачи, очевидно, рассчитывали на мгновенное пораженіе центральной нервной системы; но они не приняли во вниманіе, что токъ черезъ жидкости человѣческаго тѣла, особенно соляныя, проходитъ легче, чѣмъ черезъ кости. Руки, съ ихъ преобладающей мышечной массою, будучи хорошо очищены и смочены ѣдкимъ натромъ, являются превосходными проводниками электричества. Что же касается до позвоночника, костей черепа вмѣстѣ съ волосами на головѣ, то, конечно, частей, менѣе благопріятствующихъ про-

хожденію тока, нельзя было и выбрать. То, что кожа Кеммлера горѣла, показываетъ, что въ тѣло его проникла сравнительно малая часть пущеннаго тока. Если бы на него дѣйствовали всѣ 1800 вольтъ въ теченіе указаннаго времени, то онъ превратился бы въ сплошную угольную массу.... Дыхательныя движенія, происходившія еще послѣ остановки тока, вовсе не указываютъ, что осужденный былъ еще живъ: такія же движенія наблюдаются, какъ извѣстно, и послѣ повѣшенія. Вѣроятно, Кеммлеръ, былъ убитъ сразу, развѣ только были допущены какія-либо особенныя погрѣшности. Всѣ присутствовавшіе при этой сцѣнѣ, безъ сомнѣнія, были чрезвычайно возбуждены, что вполне естественно. Повторяю еще разъ, я думаю, что первый преступникъ, которому доведется сѣсть на роковое кресло, умретъ мгновенно\*.

Р. Крэветъ, совѣтникъ *компании Уэстимануза*, полагаетъ, что неуспѣхъ казни могъ быть предвидѣнъ всякимъ, кто потрудился внимательно изучить дѣло. „Палачъ,—говоритъ онъ,—дѣйствовалъ навѣрняка вследствие совершенной опредѣленности относящихся сюда пріемовъ. Пользуясь же для этой цѣли электричествомъ, приходится имѣть дѣло съ динамо-машиной, доставляющей такую



Фиг. 356.—Пролетаніе на экранъ лучей отъ лампы съ дугой.

силу, которой ни понимать, ни контролировать нѣтъ возможности. Отъ этой машины идутъ двѣ проволоки, должествующія проводить смертельный токъ; но средства, которыми мы пользуемся для измѣренія тока, не всегда надежны, такъ какъ употребляющіеся при этомъ спирады чрезвычайно легко портятся. Такимъ образомъ, строгая оцѣнка дѣйствія пропущеннаго тока на соответствующій предметъ представлялась немыслимой\*.

Изъ всѣхъ этихъ разнообразныхъ мнѣній вытекаетъ то, что для надлежащаго выполненія казни путемъ электричества необходимъ рядъ извѣстныхъ предосторожностей.

Уже не разъ было указано нами, что электрическая энергія, помимо другихъ приложеній, примѣняется и въ качествѣ источника свѣта. Электрическое освѣщеніе производится двумя способами: путемъ *Вольтовой дуги* и путемъ *накаливанія*. Открытіе *Вольтовой дуги* сдѣлано въ 1808 г. Гѣмфри Деви \*). Взявши въ качествѣ электродовъ Вольтовой батареи изъ 2000 элементовъ двѣ заостренныя угольныя палочки, Деви замѣтилъ, что, если эти палочки, первоначально облобыженные прикосновеніемъ, нѣсколько раздвинуть, то между ними появляется

\*) Знаменитый англійскій химикъ, род. въ 1778 г., ум. въ 1829 г.; открылъ металлы натрія и калия.

освѣтительное выпуклое пламя. Это пламя Деви называлъ Вольтовой дугой. Благодаря Джаулю, мы знаемъ, что нагреваніе проволоки, по которой проходить токъ, тѣмъ больше, чѣмъ больше сила тока и сопротивление, оказываемое проводникомъ прохожденію тока. Въ *Вольтовой дузі* сопротивление оказываетъ воздухъ, находящійся между двумя угольными остріями. Раскаленные частицы угля переносятся съ одного электрода на другой, образуя такимъ образомъ родъ подвижнаго, болѣе или менѣе проводящаго дополненія къ прерванной въ этомъ мѣстѣ цепи. Такимъ образомъ, токъ проходитъ, но, преодолевая при этомъ огромное сопротивление, представляемое воздухомъ, производитъ значительное нагреваніе—раскаленіе углей. При прямыхъ (непрерывныхъ) токахъ переносъ угольныхъ частицъ происходитъ по преимуществу съ положительнаго электрода на отрицательный: положительный тратится вдвое больше отрицательнаго. „Эта-то разница въ тратѣ и температурѣ углей,—говоритъ Ипполитъ Фонтенъ \*),—дала поводъ первымъ наблюдателямъ разсматривать явленіе электрической дуги какъ простой переносъ частицъ съ положительнаго электрода на отрицательный. Но въ настоящее время доказано, что переносъ въ указанномъ направленіи является лишь преобладающимъ: рядомъ съ нимъ совершается весьма энергичный переносъ и съ отрицательнаго электрода на положительный“. Если будемъ продолжать на экранѣ изображеніе дуги, производимой непрерывнымъ токомъ, то замѣтимъ, что на концѣ положительнаго угля образуется углубленіе, въ то время какъ отрицательный заостряется.

Примѣненіе угольныхъ палочекъ (изъ кокса, или ретортнаго угля) для освѣщенія дѣлается при помощи специальныхъ приборовъ—*регуляторовъ* и *электрическихъ сетей*. Принципъ у всѣхъ употребительныхъ въ настоящее время регуляторовъ одинъ и тотъ же: такъ какъ дуга составляетъ часть электрической цепи, то всякое измѣненіе въ ея длинѣ, а слѣдовательно и въ сопротивленіи, необходимо влечетъ за собой измѣненіе силы тока; при тратѣ углей сопротивление дуги возрастаетъ, вслѣдствіе чего сила тока уменьшается. Отнимъ-то измѣненіемъ въ силѣ тока и пользуются для того, чтобы поддерживать разстояніе между углями сколько возможно постояннымъ. Для этой цѣли въ цепь вводятъ электромагнитъ, у котораго якорь сохраняетъ определенное положеніе равновѣсія лишь при равенствѣ двухъ силъ, дѣйствующихъ на него въ противоположныхъ направленіяхъ,—съ одной стороны, электромагнита, а съ другой—пружинъ. Коль скоро уменьшается сила тока, уменьшается и дѣйствіе электромагнита, и якорь получаетъ движеніе въ сторону пружины; это движеніе приводитъ въ дѣйствіе механизмъ, сближающій угли.

Все регуляторы должны удовлетворять слѣдующимъ двумъ требованіямъ: 1) они должны производить раздвиганіе углей—прежде всего, для появленія дуги, а затѣмъ всякій разъ, когда угли почему-либо пришли въ соприкосновеніе. Это раздвиганіе достигается или при помощи особаго электромагнита, или при помощи того же электромагнита, которымъ производится сближеніе. 2) Разстояніе между углями во все время горѣнія должно поддерживаться неизмѣннымъ. Эта регулировка производится или силою тока, или разностью потенциала, или, наконецъ, разностью силы тока и паденія потенциала у борнъ регулятора; на фигурѣ 355, представленъ *электрическій регуляторъ* А. Геффа. Угли укрѣплены въ угледержателяхъ Н и Н', исполнѣ уравнивающимъ другъ съ другомъ, такъ что вѣсъ ихъ не долженъ приниматься въ расчетъ при дѣйствіи аппарата. Движеніе ихъ чрезвычайно облегчается четырьмя вальцами U, U, устраняющими всякое треніе. Движеніе углей производится пружиною, скрытою въ барабанѣ O, при посредствѣ двухъ зубчатыхъ колесъ M и N', различныхъ диаметровъ, и двухъ зубчатокъ K и I, соединенныхъ съ угледержателями Н и Н'. При своемъ движеніи стержень изъ мягкаго желѣза, на которомъ укрѣпленъ угледержатель Н', болѣе или

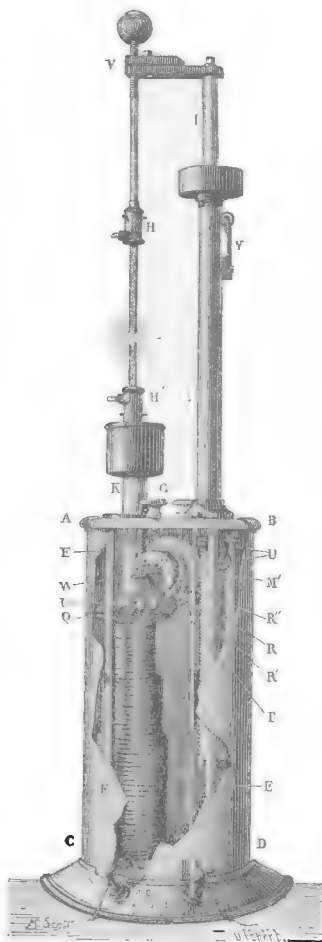
\*) Электрическое освѣщеніе.

меньше входит въ катушку L. Раздвиганіе угледержателей (а слѣдовательно и углей) производится именно притяженіемъ упомянутаго стержня катушкой при прохожденіи чрезъ нее тока. Во все время движенія углей противоположныя другъ другу силы катушки и пружины, помѣщающейся въ барабанѣ O, остаются равными между собой; благодаря этому, если длина дуги въ началѣ горѣнія равна, положимъ, тремъ миллиметрамъ, то такую же она будетъ оставаться до полного сгорания углей. Такъ какъ пружина можетъ быть натянута различнымъ образомъ, то аппаратъ можетъ быть приспособленъ для дѣйствія при токахъ различной силы.

При помощи особаго приспособленія можно перемѣщать дугу совершенно независимо отъ обычной регулировки свара. Такимъ приспособленіемъ служитъ система шестерней K, K', K'', которая сдѣлается съ зубчатыми колесами M и M' только тогда, когда требуется произвести перемѣщеніе дуги; помощью специального ключа оба угля поднимаютъ или опускаютъ разомъ, не измѣняя разстоянія между ними. Этимъ путемъ выполняется необходимое условіе во многихъ оптическихъ опытахъ—центрированіе свѣтящейся точки.

Дѣйствіе регулятора слѣдующее. Токъ вступаетъ черезъ столбикъ P, проходитъ путь X J I V H H' K, проникаетъ въ катушку L и выходитъ черезъ столбикъ N. Когда токъ не проходитъ, угли удерживаются въ прикосновеніи дѣйствіемъ пружины, заключенной въ барабанѣ O; но коль скоро черезъ аппаратъ пропускается токъ, катушка начинаетъ притягивать стержень K, движеніемъ котораго, сочетающимся съ движеніемъ другого стержня I, и производится раздвиганіе углей; притягивающая сила катушки постоянно должна быть нѣсколько больше силы пружины, что достигается сообщеніемъ этой послѣдней соответствующаго напряженія \*).

Въ электрическихъ свѣчахъ угольные палочки поставлены не на одной прямой, а рядомъ, параллельно другъ другу, и не нуждаются въ такомъ механизмѣ, какой мы видимъ въ регуляторахъ. Изобрѣтеніе свѣчей принадлежитъ русскому офицеру Павлу Яблочкову. «Мое изобрѣтеніе,—писалъ Яблочковъ въ своемъ прошеніи о выдачѣ ему привиллегіи, 28 мая 1876 г.,—заключается въ совершен-

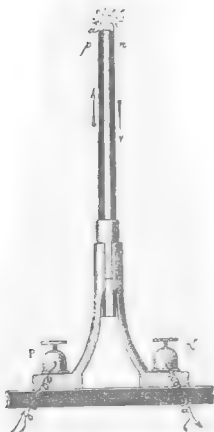


Фиг. 357.—Электрическій регуляторъ Геффе.

\*) Госпиталье, Важнейшія приложения электричества.

номъ устраненіи механизма, обычно встрѣчающагося въ электрическихъ лампахъ. Въмѣсто того, чтобы прибѣгать къ механическому приспособленію, автоматически сближающему уголи, по мѣрѣ того какъ они сгораютъ, я ставлю ихъ рядомъ, раздѣляя ихъ изолирующимъ слоемъ, наприм., каолиномъ (фарфоровой глиной), который тратится одновременно съ уголями\*.

Если пустить токъ, то между концами обоихъ углей появится Вольтова дуга; такъ какъ изолирующее вещество будетъ тратиться въ такой же мѣрѣ, какъ уголи, то дуга все время будетъ находится только между концами углей. Тѣстообразное изолирующее вещество (коломбинъ) есть смѣсь двухъ частей гипса (сѣрно-известковой соли) съ одной частью сѣрно-бариевой соли. Соединеніе верхнихъ концовъ углей, необходимое для появленія дуги, производится по-



Фиг. 358.—Электрическая свѣча.



Фиг. 359.—Эдиссонова лампа накаиванія.

средствомъ тоненькой пластинки, или *запала*, *а* (фиг. 358), приготовляемаго изъ смѣси порошковъ угля и графита съ воднымъ растворомъ гумми-арабика. Мгновеннаго сгорания этой пластинки въ тотъ моментъ, когда токъ начинаетъ проходить черезъ свѣчу, достаточно для появленія дуги.

Какъ мы знаемъ, при прямомъ токъ положительный уголь сгораетъ вдвое скорѣе, чѣмъ отрицательный. Поэтому для освѣщенія посредствомъ электрическихъ свѣчей употребляють альтернативные токи, при которыхъ происходитъ равномѣрная трата обоихъ углей.

Электрическимъ свѣчамъ придаютъ самыя различныя формы; но такъ какъ всѣ онѣ опираются на одинъ и тотъ же принципъ, именно тотъ, по которому устроена свѣча Яблочкова, то мы на нихъ останавливаться не будемъ и перейдемъ къ освѣщенію путемъ накаиванія. Во всѣхъ электрическихъ лампахъ накаиванія прямой или переменный токъ проходитъ черезъ такое вещество,

которое, съ одной стороны, обладает столь большим сопротивленіемъ, что нагревается проходящимъ чрезъ него токомъ до температуры каленія, дѣлается свѣтящимъ, а, съ другой—еще настолько проходимо для тока, что не расплавляется имъ. Для того, чтобъ это вещество не могло сгорѣть, его помѣщаютъ въ безвоздушномъ пространствѣ. Вещество съ такими свойствами вторично найдено Эдисономъ, въ 1880 г.; говоримъ *вторично*, потому что оно было уже ранѣе известно двумъ французскимъ изслѣдователямъ—инженеру де-Шанжи и графу де-Монселею, которые, —первый въ 1858, а второй—въ 1859 г.,—пользовались „обугленными, растительными нитями“ въ своихъ опытахъ освѣщенія посредствомъ накаливанія. Но во всякомъ случаѣ—честь устройства первой, вполне пригодной въ практическомъ отношеніи, лампы съ накаливаніемъ принадлежитъ американскому инженеру.

Устройство калильной лампы Эдисона распадается на рядъ деликатныхъ операций. Лампа въ тѣсномъ смыслѣ слова представляетъ собою стеклянный баллонъ (фиг. 359), въ которомъ помѣщена согнутая въ видѣ опрокинутой буквы U угольная нить, зажатая въ двухъ мѣдныхъ щипчикахъ S, S, соединенныхъ съ электродами тока. Такою нитью является обугленное волокно японскаго бамбука. Эти волокна нарѣзаются изъ бамбуковыхъ прутьевъ; длина ихъ обыкновенно не превышаетъ 11 сантиметровъ, а толщина—1 сент. Для полученія изъ нихъ U-образныхъ угольныхъ нитей, ихъ укладываютъ въ плоскія никелевыя формы, которыя, обыкновенно состоятъ, помѣщаются въ муфеляхъ и на короткое время подвергаются дѣйствию жара.

Соединеніе угольной нити съ проволоками, идущими отъ питающей лампы машины, производится при посредствѣ двухъ платиновыхъ проволокъ, длиною въ 0,02 сент., припаянныхъ въ 0, 0 къ двумъ мѣднымъ проволокамъ P, P'; тѣ и другія проволоки помѣщаютъ вмѣстѣ въ особой стеклянной трубкѣ T, верхній конецъ которой запаиваютъ, предварительно пропустивъ черезъ него обѣ платиновыя проволоки. Свободными концамъ этихъ послѣднихъ придаютъ согнутую форму и къ каждому изъ нихъ припаиваютъ по мѣдной полоскѣ, свернутой въ трубочку. Въ этихъ-то полоскахъ зажимаются концы угольной нити, которые, вмѣстѣ съ полосками, покрываются еще слоемъ мѣди въ мѣдной гальванопластической ваннѣ, благодаря чему достигается хорошая проводимость системы. Трубка T вмѣстѣ съ проволоками и угольной нитью помѣщается въ баллонъ A и сплавляется съ нимъ помощью паяльной трубки. Воздухъ изъ баллона выкачивается чрезъ отверстіе d (которое потомъ запаивается) посредствомъ ртутнаго насоса Шпренгеля, описаннаго на стр. 254. Благодаря остроумному приспособленію, воздухъ можно выкачать сразу изъ пяти сотъ баллоновъ. Выкачавъ воздухъ, въ снарядъ пропускаютъ слабый токъ для осушенія угольной нити и для освобожденія ея отъ остатковъ воздуха. Затѣмъ, какъ сказано, запаиваютъ отверстіе d.

Въ такомъ видѣ баллонъ вмазывается гипсомъ въ мѣдный цилиндръ M, ввинчивающійся въ трубку DD.

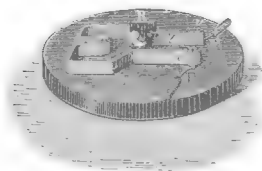
По выходѣ изъ трубки проволока P', загнываясь, проходитъ чрезъ гипсъ, наполняющій цилиндръ M, и оканчивается въ f', на краю этого цилиндра; другая мѣдная проволока—P—примыкаетъ въ f' къ мѣдному кружку Z. Съ этимъ кружкомъ посредствомъ изогнутой мѣдной пластинки b и винта i соединяется проволока, приводящая токъ; другая проволока винтомъ i прижимается къ пластинкѣ b'; пластинки b и b' раздѣлены изолирующимъ слоемъ H. Трубка DD имѣетъ на своемъ нижнемъ концѣ винтовую нарѣзку для соединенія со стержнями канцеляровъ и люстръ, заключающими въ себѣ проводящіе проволоки. Токъ чрезъ пластинку b и кружокъ Z проходитъ въ проволоку P, угольную нить CC, вторую проволоку P' къ краю цилиндра f'; отсюда по стѣнкѣ цилиндра, а затѣмъ трубка DD онъ вступаетъ въ винтъ i, къ которому примыкаетъ проволока, отводящая токъ. Зажигается и тушится лампа при помощи весьма нехитраго приспособленія—размыканія или замыканія ключа. При размыканіи



ключа R (фиг. 360) двѣ мѣдныя пружины  $l, l'$  натягиваются и приходятъ въ соприкосновеніе съ винтами  $v$  и  $v'$ , которые соединены:  $v'$ —со снарядомъ, доставляющимъ токъ, а  $v$ —съ лампой. Когда ключъ замкнуть, какъ въ случаѣ, представленномъ на фигурѣ 361, токъ черезъ лампу не проходитъ. Ключъ для люстры и вообще неподвижныхъ лампъ обыкновенно помѣщается на стѣнѣ, болѣе или менѣе далеко отъ лампъ; подвижныя же имѣютъ ключъ на самой трубкѣ DD, причемъ пластинка  $b$  (фиг. 362) состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ половинъ, соединяющихся помощью особой пружины только при размыканіи ключа.

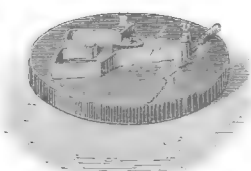
Мы настолько подробно познакомились съ калильными лампами изъ описанія Эдиссоновой лампы этого рода, что нѣтъ никакой надобности останавливаться на устроенныхъ по той же идеѣ лампахъ Суэна, Максима, Ленъ-Фока и пр., особенно распространенныхъ въ Америкѣ и Англіи.

Уже то обстоятельство, что одной угольной нити въ лампахъ накаливанія хватаетъ по крайнѣй мѣрѣ на восемьсотъ часовъ, между тѣмъ какъ угольная



Фиг. 360.

Ключъ разомкнуть: токъ проходитъ.



Фиг. 361.

Ключъ замкнуть: токъ не проходитъ.

палочки въ лампахъ съ дугой сгораютъ чрезвычайно быстро, давало первымъ преимущество предъ послѣдними. Въ настоящее же время, когда мы умѣемъ устраивать калильные лампы въ 500, 800 и 1000 свѣчей, потерялъ всякое значеніе и упрекъ, дѣлавшійся этимъ лампамъ въ прежнее время,—что онѣ даютъ менѣе сильный свѣтъ, нежели лампы съ дугой. По этой причинѣ освѣщеніе путемъ накаливанія несомнѣнно будетъ примѣняться во многихъ такихъ случаяхъ, гдѣ оно до сихъ поръ было непримѣнимо.

Въ лампахъ съ силой до 800 свѣчей имѣется только одно угольное волокно; для 1000 свѣчей берутся двѣ параллельно расположенныя нити. Всѣмъ знакома величина калильных лампъ въ 16 свѣчей; лампы въ 1000 свѣчей имѣютъ диаметръ, приблизительно въ четверо большій. Стоимость такихъ лампъ, сравнительно съ небольшими, нѣсколько меньше. При нормальныхъ условіяхъ, угольныя нити служатъ покрайней мѣрѣ 800 часовъ. Лампа въ 1000 свѣчей требуетъ силы тока въ 20 амперовъ при 100 вольтахъ.

Электрическому освѣщенію, безспорно предстоитъ огромное распространеніе. Его стали вводить у себя не только большіе, но и незначительные города Франціи. Такъ, городокъ Крѣзскаго округа, Бурганѣфъ, не смотря на то, что въ немъ насчитывается всего лишь 4000 жителей, гордится своей знаменитой системой освѣщенія, служащей первымъ истинно-практичнымъ приложеніемъ передачи энергіи на разстояніе, по идеѣ Марселя Депрѣ.

Электрическое освѣщеніе въ Бурганѣфѣ было устроено въ 1887 г. Механическую силу доставлялъ водопадъ, находящійся въ самомъ городѣ. Къ несчастію, водопадъ этотъ служилъ только девять мѣсяцевъ въ году; въ остальные три мѣсяца приходилось прибѣгать къ паровой машинѣ. Узнавъ объ опытахъ Депрѣ, бурганѣфское городское управленіе рѣшило воспользоваться водопадомъ, находящимся въ Сентъ-Мартенъ-Ле-Шатѣ, въ 15 километрахъ отъ Бурганѣфа. Названный водопадъ въ самое сухое время можетъ давать болѣе

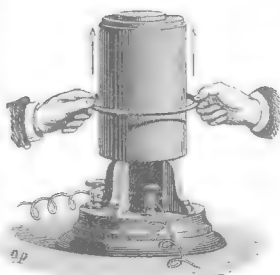
тысячи лошадиных силъ, но для начала была установлена динамо-машина о двухъ кольцахъ (системы Депре) лишь въ сто силъ; такая же машина помѣщена была въ Бурганефѣ. Обѣ машины были соединены посредствомъ простой жѣдной проволоки, 5 миллим. толщины, укрѣпленной на еловыхъ столбахъ, т.-е. соединительная линия ничѣмъ не отличается отъ обыкновенной телеграфной. Бурганефская машина, находящаяся въ 15 километрахъ отъ водопада, приводится въ движеніе токомъ, идущимъ изъ Сентъ-Мартена при электродвижущей силѣ въ 3000 вольтъ; въ свою очередь, она при посредствѣ обыкновеннаго передаточнаго ремня, приводитъ въ движеніе машины небольшой электродвижущей силы, доставляющія токъ для освѣщенія города. Вотъ и все. Но сколько труда было потрачено на то, чтобы заставить механизмъ дѣйствовать правильно; какъ непріятно было видѣть, что бурганефскій приемникъ безъ всякой видимой причины отказывается работать съ первоначальной скоростью! Пришлось приставить особый персоналъ, доведенный нынѣ до двухъ человѣкъ, изъ которыхъ одинъ находится въ Сентъ-Мартенѣ, а другой—въ Бурганефѣ; пришлось придумать цѣлую систему сигналовъ для установленія между этими двумя лицами быстрого сообщенія. Въ настоящее время городъ освѣщается правильно въ теченіе пяти часовъ, каждую ночь.

Другой еще меньшій городокъ, именно Сентъ-Иеръ-дю-Аркуэ, въ Ла-Маншѣ, устроилъ у себя электрическое освѣщеніе по системѣ аккумуляторовъ. После двукратной безуспѣшной попытки устроить газовое освѣщеніе, названный городокъ воспользовался ручейкомъ Вору, наполняющимъ три пруда, лежащихъ на вѣскольکو различныхъ уровняхъ. Тутъ имѣлось уже готовое гидравлическое приспособленіе, устроенное когда-то для завода. Теперь достаточно было незначительнаго ремонта для обезпеченія правильнаго хода динамо машины, дѣлающей 800 оборотовъ въ минуту. Аккумуляторы размѣщены на трехъ станіяхъ, по 85 штукъ на каждой. Днемъ, въ теченіе десяти часовъ, они заряжаются, а ночью питають каліевыя лампы.

Наконецъ, селеніе Кольліа (Гаръ), съ 615 жителями, также имѣетъ возможность пользоваться, съ сентября 1890 г., электрическимъ свѣтомъ. Движущую силу даетъ вода, падающая съ вышины 1,2 метра—съ производительностью въ 1000 литровъ въ секунду и механическимъ эффектомъ въ 9 паровыхъ лошадей. Этими водопадамъ приводится въ дѣйствіе динамо-машина, могущая работать на 1000 свѣчей. Освѣщеніе улицъ производится 26 фонарями въ 16 свѣчей каждый.

Та самая турбина, которая ночью, до одиннадцати часовъ, приводитъ въ дѣйствіе динамо-машину, днемъ двигаетъ насосы, доставляющіе воду названному селенію.

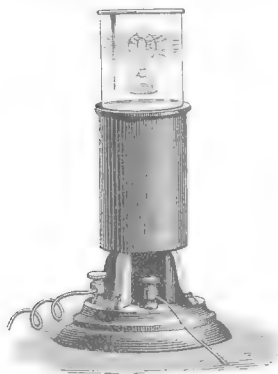
Приведенные примѣры передачи энергій на разстояніе получаютъ особый интересъ, если предтавить себѣ ту эпоху, когда истощится горючій матеріалъ\*); изъ нихъ явствуетъ, что мы уже понемногу овладѣваемъ умѣніемъ пользоваться той энергіей, которая въ такомъ изобиліи разлита въ природѣ; они показываютъ, что недалеко то время, когда паръ, какъ рабочая сила, всецѣло связаный съ существованіемъ залежей каменнаго угля, будетъ вытѣсненъ электричествомъ, которое никогда не можетъ изсякнуть.



Фиг. 362.—Опытъ Илайя Томсона. Отталкиваніе металлическаго кольца альтернативнымъ токомъ.

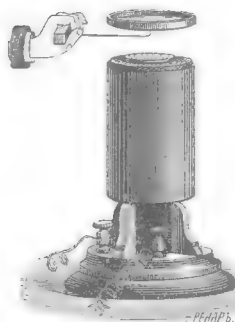
\* По вычисленіямъ Фрайса Вилльямса, англійскихъ залежей каменнаго угля можетъ хватить лишь еще на 102 года.

Теперь рассмотрим еще одно любопытное свойство альтернативныхъ токовъ, которому въ ближайшемъ будущемъ предстоитъ приобрести немаловажное значеніе: мы говоримъ о возможности устраивать при помощи альтернативныхъ токовъ совершенно особые двигатели. Проф. Илайю Томсонъ въ Линнѣ (шт. Массачусетсъ) замѣтилъ въ 1884 г., въ Институтѣ Вашингтона, что электромагнитъ, возбуждаемый *альтернативнымъ периодическимъ* токомъ, отталкиваетъ мѣдное кольцо, пластинку, трубку, надлежащимъ образомъ расположенныя въ его полѣ. Для этихъ опытовъ служилъ электромагнитъ знакомаго намъ устройства, установленный вертикально на подставкѣ (фиг. 362); ядро, состоявшее изъ толстаго пучка изолированныхъ одна отъ другой желѣзныхъ проволокъ, было обмотано очень длинною мѣдною проволокою; концы последней входили въ находившіяся на подставкѣ борны, къ которымъ, съ другой стороны, примыкали концы вѣтшей цѣпи, принадлежавшей сильной динамо-машинѣ съ альтернативнымъ токомъ. Обмотка электромагнита была скрыта отъ наблюдателя надѣтою на электромагнитъ картонною трубкою. Если на устроенный такимъ образомъ



Фиг. 363.

Накаливаніе, производимое альтернативнымъ токомъ.



Фиг. 364.

Вращеніе металлическаго кружка альтернативнымъ токомъ.

электромагнитъ надѣтъ кольцо и затѣмъ предоставить это послѣднее самому себѣ, то оно, какъ показываетъ фигура 362, съ силою будетъ отброшено на воздухъ. Если кольцо будетъ состоять изъ многихъ оборотовъ проволоки, образующихъ въ совокупности замкнутую цѣпь, въ которую введена лампа накаливанія (фиг. 363), то, благодаря появленію въ кольцѣ наведенныхъ токовъ, лампа будетъ излучать яркій свѣтъ; но если при этомъ кольцо подвижно, то вслѣдствіе его движенія подъ вліяніемъ отталкиванія, наведенные токи быстро ослабѣваютъ, и лампа гухнетъ. Для ослабленія этого движенія кольцо вмѣстѣ съ лампою погружаютъ въ сосудъ съ водою.

Для превращенія поступательнаго движенія кольца во вращательное необходимо известная уловка, — требуется пронавести въ полѣ электромагнита вѣкоторую диссиметрію. Какъ намъ извѣстно, мѣдная трубка, помѣщаемая между двумя спиралями индукціонной катушки, въ значительной степени ослабляетъ дѣйствія послѣдней, — служить, какъ говорить, экраномъ. Слѣдовательно, если часть верхней поверхности электромагнита покроеть мѣдною пластинкой, то большинство выходящихъ изъ этой части силовыхъ линій будетъ пересѣкаться пластинкой, и поле по отношенію къ электромагниту сдѣлается диссиметрич-

нымъ, ибо изъ непокрытой части линіи будутъ выходить безпрепятственно. Благодаря этому, отталкиваться электромагнитомъ будетъ только часть помѣщенныхъ надъ нимъ пластинки, шара и т. п., вслѣдствіе чего эти предметы должны будутъ принять вращательное движеніе. У снаряда, представленнаго на фигурѣ 865, служащая экраномъ мѣдная пластинка не видна за краскою, покрывающей всю верхнюю поверхность электромагнита. На фигурѣ 864 мы видимъ произведенное такимъ образомъ вращеніе мѣднаго кружка на острій иглы, которую экспериментаторъ держитъ въ рукѣ за тупой конецъ. Вращеніе полого мѣднаго шара (фиг. 865) не требуетъ поясненій; при своемъ движеніи шаръ держится поближе къ стѣнкамъ сосуда; вода, содержащаяся въ послѣднемъ, регулируетъ движеніе и въ то же время не даетъ шару чрезмерно нагрѣться отъ дѣйствія пробѣгающихъ чрезъ него наведенныхъ токовъ. Само собою разумѣется,



Фиг. 365.—Вращеніе металлическаго шара альтернативнымъ токомъ.

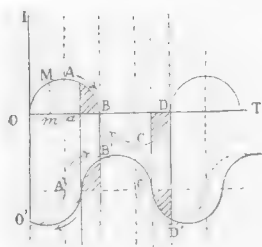
что описанное явленіе совершается по известнымъ намъ законамъ, такъ что для истолкованія его нѣтъ никакой надобности создавать подобно нѣкоторымъ исследователямъ какую-то новую теорію: интересное насъ отталкиваніе происходитъ между альтернативными наводящими и альтернативными же наводимыми токами.

Однако-же, здѣсь необходимо сдѣлать вѣскольکو замѣчаній. Альтернативный токъ мы можемъ наглядно представить себѣ при помощи совершенно такого же простого графическаго приѣма, какимъ мы воспользовались для уясненія характера колебаній молекулы (фиг. 18, стр. 17). Тамъ мы нанесли времена на горизонтальной прямой линіи, а на другихъ перпендикулярныхъ къ ней, — удаленіе молекулы отъ положенія равновѣсія; это удаленіе показано вверхъ для того случая, когда въ дѣйствительности молекула подвинулась направо, и — внизъ, — когда молекула отошла влѣво. Въ настоящемъ случаѣ мы также нанесемъ времена на горизонтальной прямой — ОТ (фиг. 866), но на линіяхъ, парал-

дельныхъ прямой ОI, мы покажемъ не удаление молекулы, а силу тока въ соответствующіе моменты, причемъ взаимно-обратнымъ направленіямъ тока будетъ соответствовать части кривой надъ и подъ горизонтальной линіей ОI. Направление тока соответствуетъ направленію движенія молекулы отъ положенія равновѣсія, причемъ положеніе равновѣсія соответствуетъ тому моменту, когда сила тока равна нулю, т.-е. когда направленіе его мѣняется, и такъ какъ этотъ токъ имѣетъ періодическій характеръ, то кривая, изображающая его въ теченіе одного періода, должна повторяться безпредѣльно.

Пусть Т будетъ продолжительность періода тока. Въ начальный моментъ періода сила тока равна нулю, черезъ нѣкоторое время  $от = t$  сила тока равна линіи Мm; нарастая въ теченіе  $\frac{T}{4}$  (четверти періода), сила тока достигаетъ, наконецъ, своей наибольшей величины Аa, затѣмъ она начинаетъ уменьшаться до тѣхъ поръ, пока, по прошествіи половины періода —  $\frac{T}{2}$ , она въ точкѣ В не сдѣлается равной нулю. Во вторую половину періода измѣненіе силы тока имѣетъ совершенно тотъ же характеръ, но, такъ какъ въ это время токъ идетъ по обратному направленію, то соответствующая часть кривой, именно часть BCD будетъ расположена подъ линіей ОI параллельно ОI.

Спрашивается теперь, какъ же слѣдуетъ представить себѣ токъ, являю-



Фиг. 366. — Кривая отталкиванія между наводящимъ и наводимымъ альтернативнымъ токами.

щийся въ кольцѣ путемъ наведенія? Прежде всего, очевидно, что онъ долженъ имѣть такой же періодъ, какъ и токъ наводящій. Далѣе, въ то время какъ точка, изображающая наводящій токъ, проходитъ часть кривой ОА, по направленію, указываемому соответствующей стрѣлкой, — токъ наведенный, по закону Ленца, долженъ идти по противоположному направленію и въ то же время постепенно ослабѣвать. Отъ А до В наводящій токъ ослабѣваетъ; вслѣдствіе этого наведенный токъ мѣняетъ свое направленіе и вмѣстѣ съ тѣмъ начинаетъ ослабѣвать. Отъ В до С направленіе наведеннаго тока остается неизмѣннымъ, несмотря на то, что направленіе наводящаго тока измѣняется: это потому, что сила послѣдняго въ это время нарастаетъ. Коротко сказать, если токъ наводящій изобразить въ видѣ кривой О А В С D..., то соответствующій ему наведенный альтернативный токъ будетъ представлять-ся въ видѣ кривой О' А' В' С' D'...

Но, согласно закону Ампера, два параллельные тока одного направленія притягиваются, а токи противоположныхъ направленій — отталкиваются; слѣдовательно, направленные въ противоположныя стороны токи ОА и ОА', ВС и В'С' отталкиваются, а имѣющіе одно и то же направленіе токи АВ и А'В', CD и C'D', и т. д. — притягиваются. Но такъ какъ періодъ альтернативнаго тока, въ теченіе котораго происходятъ два отталкиванія и два притяженія, причемъ за каждымъ отталкиваніемъ тотчасъ же слѣдуетъ притяженіе, — весьма малъ, то, еслибъ явленіе совершалось строго по только-что приведенному закону, нашъ альтернативный электромагнитъ не оказывалъ бы, въ сущности, никакого дѣйствія на кольцо, — послѣднее не отталкивалось бы. Но дѣло въ томъ, что въ интересующемъ насъ явленіи участвуетъ еще одинъ, непринятый нами въ расчетъ, факторъ, благодаря которому характеръ этого явленія глубоко измѣняется. Мы говоримъ о той инерціи, которую обнаруживаетъ по отношенію къ индукціи наведенный токъ; этотъ послѣдній не слѣдуетъ строго за всѣми измѣненіями наводящаго тока; такъ, равнымъ нулю наведенный токъ дѣлается не въ тотъ моментъ, когда наводящій достигаетъ своей наибольшей величины, а нѣсколько позднѣе; слѣдовательно, дѣйствительная кривая наведеннаго тока должна быть

перемещена немного вправо. Но тогда отталкивания дѣлаются гораздо больше притяженій; отсюда — вышеуказанное движеніе. На чертежѣ мѣста, соответствующія притяженіямъ, заштрихованы. Указанное запаздываніе наведеннаго тока по отношенію къ наводящему обозначаютъ какъ существованіе *разности фазъ*, величина которой зависитъ отъ конструкціи наводящей и наводимой системъ. Эта разность фазъ есть моментъ, имѣющій немаловажное значеніе въ ученіи объ электричествѣ. Уже въ 1880 г. Фокснелль и Лонтанъ заставляли вращаться дискъ изъ мягкаго желѣза въ полѣ электромагнита, одѣланномъ диссимметричными въ томъ мѣстѣ, гдѣ находился дискъ, при помощи надлежащаго расположения магнитовъ. Опыты И. Томсона бросаютъ на это явленіе новый свѣтъ; они какъ будто указываютъ на существованіе какой-то, покуда еще непонятной, связи между электричествомъ и всемірными тяготѣніемъ. Благодаря имъ, возможно было такое замѣчаніе, каковъ одѣлалъ Центеръ\*), старавшіся найти зависимость между электродинамическими законами и движеніемъ планеты: „Божья сила (давленіе, оказываемое на одну сторону пара) можетъ служить къ объясненію природы и происхожденія той касательной силы, которой долженъ былъ воспользоваться Ньютонъ для объясненія движенія планетъ по орбитамъ; именно, можно вообразить, что силовыя линіи солнца (если разсматривать это послѣднее какъ весьма сильный электромагнитъ, полюсы котораго находятся одинъ отъ другаго въ очень небольшомъ разстояніи сравнительно съ разстояніемъ планеты) почти параллельны; тогда мы подойдемъ къ пониманію дѣйствія всемірнаго тяготѣнія, представляющему въ настоящее время столь большія трудности“.

Мы познакомились съ приложеніемъ *силовыхъ* альтернативныхъ и прямыхъ токовъ къ передачѣ энергіи на разстояніе и къ электрическому освѣщенію. Съ другой стороны, мы видѣли примѣненіе *слабыхъ* токовъ въ *телефоніи*. Намъ остается теперь разсмотрѣть еще одно приложеніе слабыхъ токовъ, которымъ какъ-бы суждено\*\*) служить для передачи чловѣческой мысли: при посредствѣ *телефона* они передаютъ слово, а при помощи *телеграфа* — письмо.

Всѣ телеграфныя аппараты (а ихъ не мало), какъ бы они ни различались въ деталяхъ расположенія частей, основаны на одномъ и томъ же принципѣ и — въ существенномъ — имѣютъ одно и то же устройство. Поэтому мы ограничимся описаніемъ лишь наиболѣе употребительныхъ въ настоящее время.

Въ составъ всякаго телеграфа должны входить: *элементы*\*\*\*), (батарея), доставляющій токъ; *провода* *линіи*\*\*\*\*), передающая токъ съ одной станціи на другую; *мануляторъ*, посредствомъ котораго телеграфистъ замыкаетъ и размыкаетъ токъ на станціи отправленія, т.-е. передаетъ депешу; наконецъ, *приемникъ*, записывающій депешу на станціи приѣма. Для объясненія принципа те-

\*) Засѣданіе акад. наукъ 2-го сентября 1889 г.

\*\*) Тамъ же мѣсто, имѣется уже нѣсколько попытокъ замѣнить гальваническія батареи или одними динамо-машинами, или сочетаніемъ послѣднихъ съ аккумуляторами. Такъ, нью-йоркская почтово-телеграфно-кабельная компанія замѣнила 10000 элементовъ Калло 16 динамо-машинами Эдисона особой конструкціи; лондонская телеграфная компанія пользуется двигателями, приводимыми въ движеніе водою, для приведенія въ дѣйствіе динамо-машинъ, заряжающей аккумуляторы.

\*\*\*) Книга I, гл. IV.

\*\*\*\*) Проволока воздушной линіи дѣлается обыкновенно изъ гальванинированного желѣза, имѣетъ толщину четырехъ миллиметровъ и изолируется фарфоровыми стаканчиками, утвержденными на словныхъ столбахъ. Въ случаѣ подземной линіи проволока покрывается индустриальнымъ слоемъ гуттаперчи или гудерской смолы; для подземныхъ линій употребляютъ нѣсколько жѣдныхъ проволокъ, скрученныхъ въвѣтъ и окруженныхъ оболочкой изъ гуттаперчи, древесныхъ опилокъ и смолы, поверхъ ея — слоемъ просмоленной джуты и, наконецъ, оберткой изъ стальныхъ проволокъ, покрытыхъ просмоленной пенькой. Будетъ ли линія воздушной, подземной или подводной, всегда отъ отрицательнаго полюса батареи, на станціи отправленія, отходятъ жѣзная проволока, оканчивающаяся жѣдной же пластинкой, погруженной въ колодезь; такой-же жѣдной пластинкой, опущенной въ колодезь, оканчивается проволока линіи и на станціи приѣма. Этотъ путемъ концы проволокъ линій поддерживаются на потенциалахъ, равныхъ нулю, т.-е. на потенциалахъ земли. Цѣпь здѣсь какъ бы дополняется вѣшью, оберегающею такимъ образомъ возвратную проволоку.

леграфа, мы опишем телеграфъ *Морзе*, — во-первыхъ, потому, что этотъ аппаратъ принятъ въ большинство европейскихъ государствъ и въ Америкѣ, и, во-вторыхъ, потому, что онъ явился первымъ практически-пригоднымъ электрическимъ телеграфомъ. Онъ былъ изобрѣтенъ американцемъ Сэмюэлемъ Морзомъ 19-го октября 1832 г., но первое его примѣненіе было сдѣлано лишь въ 1844 г., на Вашингтонъ-балтиморской линіи. Съ тѣхъ поръ онъ все болѣе совершенствовался. — *Приемникъ* состоитъ изъ колеса *R* (фиг. 367), на которое намотана длинная бумажная лента *P*. Эта лента, какъ сквозь тиски, тянется между двумя цилиндрами *e* и *g*, которые приводятся въ движеніе заключеннымъ въ ящикъ часовымъ механизмомъ, который можно по произволу пустить въ ходъ — посредствомъ ключа *b* — или остановить — при помощи пластинки *D*. Справа отъ ящика находится электромагнитъ *E*, въ которомъ пробѣгаетъ токъ, приходящій со станціи отправленія. Надъ электромагнитомъ имѣется якорь изъ мягкаго желѣза, прикрѣпленный къ рычагу *L*, правый конецъ котораго можетъ качаться между двумя винтами *C* и *C'*, а лѣвый снабженъ загнутымъ штифтомъ *m*. Надъ бумажной лентой находится валикъ *T*, покрытый фланелью съ типографскими чернилами, которыми, путемъ тренія, смазывается лежащій подъ нимъ мѣдный валикъ; отъ этого послѣдняго чернила переходятъ на прижимаемую къ нему штифомъ бумагу. Внутри полого столбика *B* ходитъ длинный винтъ, позволяющій поднять или опустить электромагнитъ, т. е. приблизить его или удалить отъ якоря, смотря по силѣ тока. Пока станція отправленія бездѣйствуетъ, т. е. пока въ электромагнитѣ тока нѣтъ, рычагъ удерживается пружиной въ такомъ положеніи, что бумажная лента не можетъ касаться мѣднаго валика; но какъ только начинается отправленіе депеши, какъ только въ приемникѣ вступаетъ токъ, въ тотъ же моментъ электромагнитъ притягиваетъ свой якорь, т. е. опускается правый конецъ рычага; вследствие этого лѣвый конецъ поднимается и штифтъ *m* прижимаетъ бумагу къ валику. Во время этого соприкосновенія, длящагося столько времени, сколько длится токъ, покрытый чернилами валикъ чертитъ слѣдъ на развертывающейся бумажной полоскѣ. Очевидно, что, если токъ пропускается только одно мгновеніе, то штифтъ успеетъ произвести лишь *точку*; при болѣе продолжительности тока получится *линія* известной длины. Для различныхъ буквъ алфавита приняты различныя сочетанія такихъ точекъ и линій. Въ нижеслѣдующей таблицѣ показаны русскій алфавитъ \*) и цифры.

## Б у к в ы.

а	— —	р	— — —
б	— . . .	о	—
в	— —	т	—
г	— . . .	у	— . —
д	— . . .	ф	— . . .
е, э	—	х	— . . .
ж	— . . . —	ц	— . . . —
з	— . . . —	ч	— . . . —
и, і	—	ш	— . . . —
й	— . . . —	щ	— . . . —
к	— . —	ъ, ь	— . . . —
л	— . . .	ы	— . . . —
м	— —	ю	— . . . —
н	— .	я	— . . . —
о	— . . . —	ѣ	— . . . —
п	— . . . —		

\*) Для тѣхъ русскихъ звуковъ, которые сходны съ французскими, и телеграфныя знаки тѣ же; напр., русск. и фр. а передается: — —, русск. б и фр. в — . . ., русск. ц и фр. с (лат. или нѣм. с): — . . ., и т. д. — *Нер.*

## Ц и ф р ы.

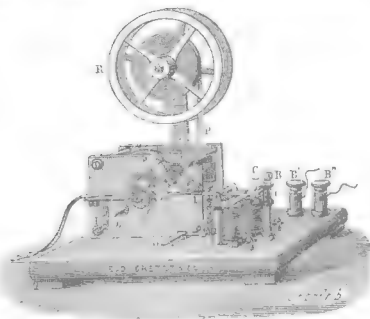
1	-----	6	-----
2	.....	7	-----
3	.....	8	-----
4	.....	9	-----
5	.....	0	-----

**Манипулятором** (ключомъ) въ аппаратѣ Морза—для замыканія и размыканія тока—служитъ рычагъ *L* (фиг. 368), опускаемый посредствомъ клавиши *m*. Для передачи депеши поступаютъ такъ. Нажатіемъ на клавишу *m* опускаютъ конецъ рычага, благодаря чему острие винта *V* приходитъ въ соприкосновеніе съ пуговкой *C*. Токъ изъ батареи, приведенный проволокою *C'*, вступаетъ въ рычагъ и черезъ пластинку *E* проникаетъ въ проволоку линіи, примыкающую къ столбикъ *B*. Мгновенное нажатіе клавиши *m* даетъ въ приемникъ точку; болѣе продолжительное нажатіе—линію.

**Электрическій звонокъ** (принципъ котораго указанъ на страницѣ 240) служитъ для подачи сигнала на станцію приема объ отправленіи депеши.

Если станція приема и отправленія значительно удалены одна отъ другой, то токъ, пришедшій въ приемникъ, можетъ, вслѣдствіе чрезвычайной своей слабости, оказаться неспособнымъ приводить въ дѣйствіе приемный механизмъ; въ такихъ случаяхъ пользуются вспомогательнымъ приборомъ, известнымъ подъ названіемъ *реле*, посредствомъ котораго въ приемникъ вводится токъ изъ *мстной* батареи; реле съ достаточной силой и полною точностью передаетъ приемнику все, что идетъ отъ манипулятора.

На ряду съ *тишущимъ телеграфомъ* Морза, значительнаго распространенія достигъ и *печатающій телеграфъ*, придуманный въ 1055 г. *Юзомъ*,—тѣмъ же изобрѣтателемъ, который двадцать лѣтъ спустя устроилъ микрофонъ. Въ механизмѣ этого телеграфа, въ которомъ существенною частью являются клавиатура, естественно сказывалось то, что Юзъ первоначально былъ профессоромъ фортепiанной музыки въ бордоской коллежѣ, въ штатѣ Кентукки. Насколько сложно устройство *Юзова телеграфа*, настолько же просто лежащій въ основѣ его принципъ: манипуляторъ на станціи отправленія и приемникъ станціи приема приводятся въ дѣйствіе часовыми механизмами со строгой синхроничностью. Манипуляторъ *M* (фиг. 369) есть клавиатура, состоящая изъ столькихъ клавишъ, сколько буквъ въ данномъ языкѣ; тѣ же клавиши служатъ и для передачи цифръ и знаковъ препинанія. Въ приемникѣ (на каждой станціи, какъ показываетъ фигура 368, приемникъ вмѣстѣ съ манипуляторомъ установлены на одномъ столѣ) самой важной частью является такъ-называемое *типовое колесо B*, на окружности котораго рельефно вырѣзаны буквы алфавита, цифры и знаки препинанія. Оно



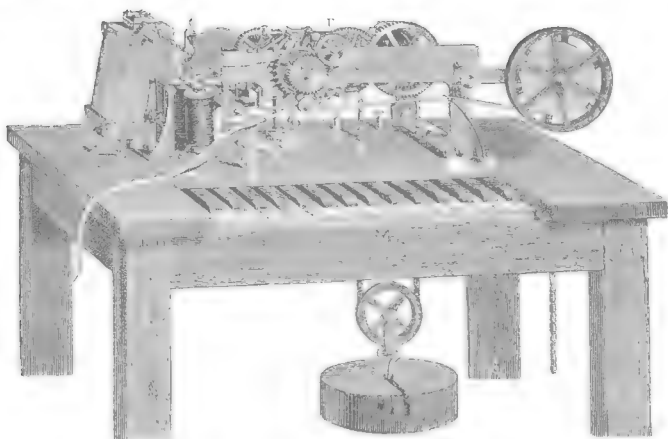
Фиг. 367.—Приемникъ Морзева телеграфа.



Фиг. 368.—Манипуляторъ Морзева телеграфа.



вертится между валикомъ Т, доставляющимъ чернила, и катушкой І, надъ которой тянется бумажная лента Р. На горизонтальномъ дискѣ D ходитъ телѣжка, описывающая полную окружность за время одного оборота типового колеса; на этомъ дискѣ имѣется столько отверстій, сколько клавишъ въ клавиатурѣ и буквъ на окружности типового колеса; часовой механизмъ, приводимый въ движеніе гирей А, работаетъ съ такою правильностью, что въ тотъ моментъ, когда телѣжка проходитъ надъ отверстіемъ, соответствующимъ данной клавишѣ, типовое колесо подходитъ къ бумажной лентѣ какъ разъ съ той буквой, которая соответствуетъ этой клавишѣ, и въ то же время дѣйствіемъ электромагнита ѳ катушка І притягивается къ бумагѣ и на послѣдней отпечатывается соответствующая буква.



Фиг. 369.—Манипуляторъ съ пріемникомъ Юлова телеграфа.

У подводныхъ телеграфовъ пріемники имѣютъ иное устройство. Вслѣдствіе того, что токъ приходитъ на пріемную станцію чрезвычайно ослабленнымъ, на этой станціи необходимо работать съ крайне чувствительнымъ аппаратомъ. Такимъ пріемникомъ и служить въ этомъ случаѣ *отражательный гальванометръ* Томсона (фиг. 370). При движеніи зеркала на экранѣ перемѣщается свѣтлая полоска: отклоненія влѣво отъ нуля обозначаютъ точки, а отклоненія вправо—линіи Морзева алфавита.

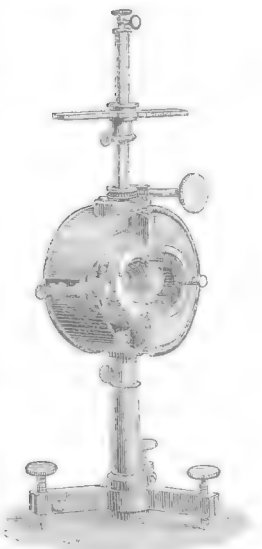
Увеличеніе скорости телеграфной передачи, т.е. увеличеніе *производительности линіи* достигается слѣдующими путями:

- 1) замѣною сигналиста *автоматическимъ передатчикомъ*, который работаетъ неустанно и гораздо быстрее;
- 2) устройствомъ мультиплексной (со множественной передачей) системы передатчиковъ и пріемниковъ, т.е. такой, при которой *одновременно* съ обычныхъ станцій могутъ быть передаваемы нѣсколько дешезъ;
- 3) предоставленіемъ линіи поочередно каждому телеграфисту на весьма короткій промежутокъ времени: за то время, какъ одинъ изъ нихъ передаетъ свои сигналы, другіе какъ разъ успѣваютъ приготовить свои, такъ что линія постоянно занята. Это достигается при помощи спеціальнаго аппарата, называемаго подъ даваніемъ *распределителя*.

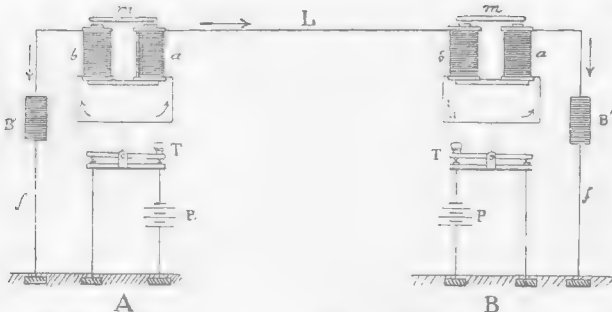
Для объяснения возможности передавать по одной и той же линии одновременно несколько телеграммъ, мы опишемъ въ общихъ чертахъ *двойную систему* (дуплексъ). Положимъ, что мы работаемъ съ Морзовымъ телеграфомъ. Расположеніе аппаратовъ, одинаковое на обеихъ станціяхъ, слѣдующее. Въ Т (фиг. 371) находится манипуляторъ, въ *ab* приемный электромагнитъ, въ В' введенное въ цѣпь сопротивление, въ Р—батарея и въ L—провода линия. Когда на станціи А приходитъ въ дѣйствіе передатчикъ Т, то токъ отъ батареи Р раздѣляется на двѣ части, изъ которыхъ одна идетъ въ катушку *a*, а отсюда въ проволоку линіи L, а другая—въ катушку *b* и затѣмъ—по проводокъ *f*—въ землю. Обмотка на катушкахъ *a* и *b* обдѣлана *такъ*, что онѣ дѣйствуютъ на якорь *m* противоположнымъ образомъ, такъ что въ томъ случаѣ, если токъ въ обеихъ катушкахъ *a* и *b* одинаковой силы, ихъ совокупное дѣйствіе равно нулю, и якорь остается неподвижнымъ; подобное уравненіе токовъ производится введеніемъ въ цѣпь соответствующей части сопротивленія В'. Токъ, приводимый проволокою линіи въ катушку *b* станціи В точно также раздѣляется на двѣ части, которыя обѣ идутъ въ землю,—одна по проводокъ, идущей отъ правой стороны передатчика Т, а другая—черезъ катушку *a*, сопротивление В' и проволоку *f*. Тутъ якорь *m* притягивается къ электромагниту вследствие того, что токи въ обеихъ катушкахъ *a* и *b* направлены въ одну и ту же сторону.

Очевидно, что то же самое произойдетъ и въ томъ случаѣ, если замкнутъ передатчикъ станціи В.

Такимъ образомъ, при надлежащемъ регулированіи на обеихъ станціяхъ переменныхъ



Фиг. 370.—Отражательный гальванометръ Томсона. Свѣтовой лучъ, отраженный отъ зеркала К, показываетъ въ увеличенномъ видѣ перемѣненіа магнитной стрѣлки.

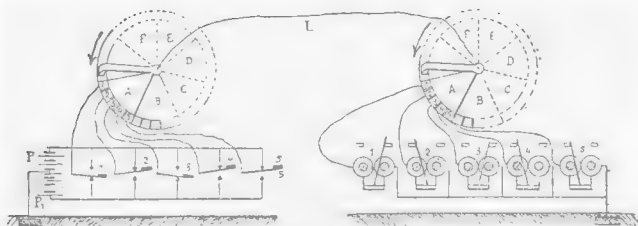


Фиг. 371.—Принципъ расположенія двойной телеграфной системы (дуплексъ).

сопротивленій В', В', приемникъ каждой станціи будетъ нечувствителенъ къ тѣмъ токамъ, которые посылаетъ эта станція, и станетъ приводиться въ дѣй-

стве лишь токами, приходящими съ другой станціи, что дѣлаетъ возможнымъ одновременную передачу депешъ съ обѣихъ станцій. Путемъ сходнаго расположенія можно по одной и той же проволоцѣ посылать съ каждой станціи одновременно двѣ депеши; тутъ токи идутъ уже не по противоположнымъ направленіямъ, а по одному и тому же; это такъ-называемая *дуплексная* система. Комбинируя системы *дуплекса* и *дуплекса*, получимъ возможность посылать одновременно по одной проволоцѣ четыре депеши; это будетъ *квадруплексная система*.

Въ телефоніи мы видѣли, какъ просто задача одновременнаго отправленія нѣсколькихъ депешъ по одной и той же проволоцѣ рѣшается посредствомъ *гармоническаго телеграфа*, наприм., телеграфа Меркадье \*). Теперь познакомимся еще съ весьма употребительнымъ въ настоящее время *множественнымъ телеграфомъ по принципу раздѣленія времени* Бодѣ. Этотъ драгоценный аппаратъ, который мы опишемъ только въ самыхъ существенныхъ чертахъ, доставилъ изобрѣтателю почетную награду на международной электрической выставкѣ 1881 года. Передатчикъ его (фиг. 372), по вѣшному виду, представляетъ изъ себя клавиатуру изъ 5 клавишъ: 1, 2, 3, 4 и 5. Между второй и третьей клавишами имѣется особое приспособленіе, въ видѣ лопатки, для того, чтобы можно было по произволу сообщать аппарату характеръ передатчика или приемника. Снарядъ устроенъ такъ, что токи, посылаемые каждой клавишей въ нормальномъ ея положеніи и когда она нажата, имѣютъ противоположныя направленія. Токи ненажатыхъ



Фиг. 372. — Телеграфный распределитель Бодѣ.

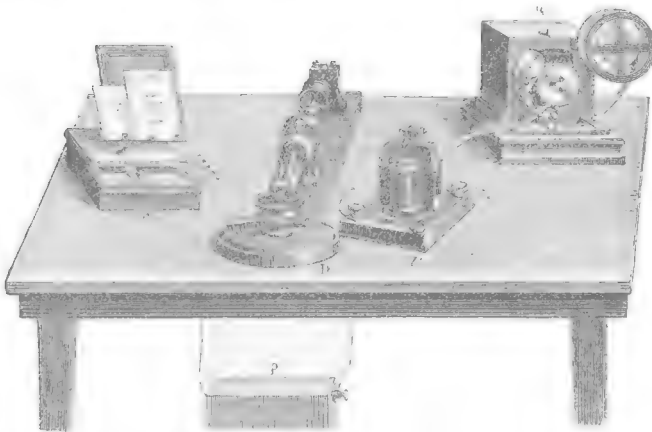
клавишъ называются *отрицательными* (—), а токи нажатыхъ—*положительными* (+). Если, наприм., клавиши 1 и 3 нажаты, а остальные находятся въ нормальномъ положеніи, то передаваемый при этомъ сигналъ можетъ быть обозначенъ знаками: + — + — —. Различныя сочетанія нажатыхъ и ненажатыхъ клавишъ дадутъ всѣ необходимые условные знаки для буквъ алфавита, цифръ и проч. Нѣкоторые изъ этихъ знаковъ указаны въ нижеслѣдующей таблицѣ.

(Всѣ клавиши сохраняютъ нормальное положеніе)	— — — — —
а или 1	+ — — — —
б или 8	— — + + —
г или 7	— + + + —
д или 0	+ + + + —

Клавишамъ 1, 2, 3, 4, 5 соответствуютъ пять уединенныхъ одна отъ другой металлическихъ пластинокъ 1, 2, 3, 4, 5, укрѣпленныхъ на эбонитовомъ дис-

\*) См. мультиплексный акустическій телеграфъ Меркадье, стр. 96 и слѣд.

кѣ. Вокругъ оси диска, соединенной съ линіей L, можетъ вращаться длинная пластинка, имѣющая на концѣ щеточку изъ проволоки; когда эта щеточка касается пластинки 1, въ линію выпускается токъ отъ клавиши 1; проходя надъ пластинкой 2, щетка посылаетъ въ линію токъ отъ клавиши 2, и т. д. Такъ какъ по окружности обонитоваго диска имѣется пять системъ пластинокъ 1, 2, 3, 4, 5, расположенныхъ на периферіи секторовъ A, B, C, D, E и F, то съ дискомъ, очевидно, могутъ быть соединены пять передаточныхъ клавиатуръ. Такимъ образомъ, за время одного оборота пластинки дискъ посылаетъ въ приемные аппараты 25 сигналовъ (по пяти отъ каждого передатчика), т.-е. всего пять буквъ, цифръ и т. п. Этотъ-то дискъ и есть *распределитель* (фиг. 373). Скорость распределения, т.-е. скорость вращенія пластинки регулируется такъ, чтобы линія постоянно оставалась занятою, т.-е. чтобы выполнялось условіе *наибольшей экономіи во времени*. Съ распределителемъ Бодѣ въ теченіи часа можетъ быть послано 500—600 телеграммъ, въ 10 словъ каждая. На станціи приема точно такой же распределитель, движеніе котораго строго согласуется, *синхронично*, съ передаточнымъ, раздаетъ пришедшіе токи электромагнитамъ, или *релэ* r (фиг. 373). Якорь у такихъ электромагнитовъ прикрѣпленъ къ цилиндру изъ мягкаго желѣза, расположенному между полюсами подковообразна-



T—передатчикъ. D—распределитель. r—релэ. R—приемникъ.

Фиг. 373.—Полный телеграфный аппаратъ Бодѣ.

го магнита. Слѣдовательно, якорь есть настоящій магнитъ, качающійся то въ ту, то въ другую сторону, смотря по направленію тока въ электромагнитъ: если отъ дѣйствія положительнаго тока якорь одѣлаетъ движеніе въ одну какую-либо сторону, то отрицательный токъ вызоветъ какъ разъ обратное движеніе. Эти движенія черезъ посредство *мгновеннаго* тока передаются приемникамъ электромагнитамъ печатающаго аппарата, главными частями котораго являются типовое колесо и такъ называемый *комбинаторъ*, т.-е. приспособленіе, производящее прижатіе катушки къ бумажной лентѣ при прохожденіи передъ послѣдней того или другаго знака. На фигурѣ 373 представленъ внѣшній видъ телеграфа Бодѣ.

Въ виду того, что, согласно изслѣдованіямъ Максвелла и его учениковъ, *сѣтвовыя явленія* представляютъ собою не что иное, какъ частный случай *электрическихъ явленій*, за изложениемъ этихъ послѣднихъ естественно должно слѣдовать изложеніе ученія о *сѣтвовой энергіи*, которое, опираясь на достовѣрные научные факты, должно показать справедливость известной теоріи, созданной великимъ англійскимъ ученымъ.

# КНИГА ТРЕТЬЯ.

СВѢТОВАЯ ЭНЕРГІЯ.—ФИЗИЧЕСКІЯ ВЕЛИЧИНЫ.



## КНИГА ТРЕТЬЯ.

### Свѣтовая энергія.—Физическія величины.

#### Глава I.

#### Свѣтовая энергія.

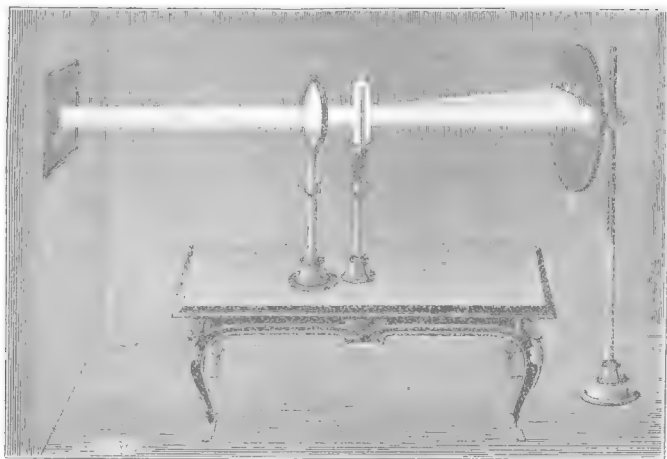
Въ этой главѣ мы увидимъ, что *свѣтовая энергія* есть результатъ колебательнаго движенія *эфира*,—движенія, совершающагося волнообразно и періодически, причѣмъ для каждаго цвѣта существуетъ свой, отличный отъ другихъ, періодъ.

Помѣстимъ, какъ дѣлалъ Ньютонъ, ахроматическую чечевицу I, съ фокуснымъ разстояніемъ въ 50 сант., за вертикальной щелью *f*, на разстояніи 1 метра отъ послѣдней, и закрывъ щель, наприм., краснымъ стекломъ, бросимъ на нее пучекъ свѣтовыхъ лучей. Тогда, если поставить экранъ какъ разъ на разстояніи 1 метра отъ чечевицы, то на немъ получится красное изображеніе *r* щели точно такой же величины, какъ эта послѣдняя (фиг. 374 и 375). Очевидно, что тѣмъ уже будетъ щель, тѣмъ болѣе ея изображеніе будетъ приближаться къ прямой линіи. Если по выходѣ изъ чечевицы, лучи, прежде чѣмъ упасть на экранъ, пройдутъ еще черезъ стеклянную призму, помѣщенную за чечевицей, параллельно щели, то изображеніе послѣдней, хотя и сохранитъ свою первоначальную величину, но отклонится къ основанію *ab* призмы: изъ *r* оно перемѣстится въ *R*; слѣдовательно, уголъ отклоненія будетъ равенъ  $\gamma oR$ . Указанное перемѣщеніе изображенія происходитъ вслѣдствіе двукратнаго преломленія пучка лучей—при вступленіи въ призму, въ *n*, и при выходѣ изъ нея—въ *m*.

Если станемъ поворачивать призму около ея оси, измѣняя такимъ образомъ уголъ паденія  $i$ , то измѣнится и направленіе вышедшаго изъ нея пучка; уголъ отклоненія *D* сперва будетъ, наприм., уменьшаться, а за тѣмъ, при соответствующей величинѣ угла паденія, увеличиваться, т.е. изображеніе *R* будетъ сперва приближаться къ *r*, а затѣмъ удаляться отъ него, не смотря на то, что мы продолжаемъ поворачивать призму все въ одну и ту же сторону. То положеніе призмы, при которомъ изображеніе *R* перестаетъ приближаться къ *r*, и, наоборотъ,

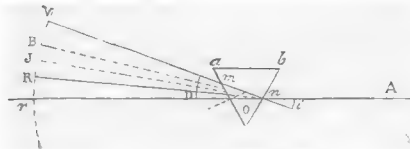
начинаетъ удаляться отъ него, называется *положеніемъ наименьшаго отклоненія*; опытъ, вполне согласно съ законами преломленія (см. стр. 115), показывать, что это именно то положеніе, при которомъ уголъ паденія лучей на призму равенъ углу выходенія ихъ изъ нея.

Если описанный опытъ производить не съ краснымъ стекломъ, а съ желтымъ голубымъ и т. д., то для того же угла паденія  $\phi$ , отклоненіе при желтомъ стеклѣ будетъ больше, чѣмъ при красномъ, голубое изображеніе будетъ отклонено



Фиг. 374.—Свѣтовой спектръ. Разсѣяніе (разложене) свѣта.

еще больше, нежели желтое, и т. д. Для краткости говорить, что желтые лучи отличаются большей *преломляемостью*, чѣмъ красные, и меньшей, чѣмъ голубые. Поэтому, неудивительно, что при освѣщеніи щели сразу всеми цвѣтами, смѣшанными и скрытыми въ пучкѣ А, призма раздѣляетъ эти цвѣта и отводитъ каждому изображенію его мѣсто на экранѣ, такъ что красное получается въ R, желтое въ J, фіолетовое въ V, и т. д. Призма производитъ, какъ говорятъ, *разсѣяніе* пучка А.



Фиг. 375.—Раздѣленіе лучей.

Въ томъ случаѣ, когда въ опытѣ берутся цвѣта съ малоразличающимися преломляемостями, *наложеніи* другъ на друга сосѣднихъ цвѣтныхъ изображеній возможно избѣгнуть только употребленіемъ чрезвычайно тонкой щели. Только при этомъ условіи цвѣтныя полосы полу-

чатся вполне раздѣльно, только тогда мы увидимъ совершенно отчетливо *разложеніе* пучка А на составляющіе его цвѣта. Во всѣхъ случаяхъ для наблюденія этого разложенія лучше пользоваться прямолинейной щелью, чѣмъ щелью какой-либо иной формы, такъ какъ именно при прямолинейной формѣ щели изображенія всего меньше накладываются одинъ на другія.

Будемъ продолжать наши наблюденія. Если соответственно одной изъ цвѣтныхъ полосъ R, J и т. д., сдѣлаемъ щель въ экранѣ и пропустимъ соответ-



отвущіе лучи чрезъ вторую призму, помѣщенную параллельно полоуѣ, то эти лучи, упавши на второй экранъ, дадутъ здѣсь точно такое же изображеніе, какъ на первомъ: въ случаѣ желтой полосы такое же желтое изображеніе получится и на второмъ экранѣ. Поэтому говорятъ, что *сложный*, или *разнородный* пучекъ А разлагается призмой на *простые*, *однородные*, или *одноцветные* пучки лучей. Пучекъ солнечныхъ лучей, несмотря на то, что онъ представляется намъ бѣлымъ, даетъ безчисленное множество окрашенныхъ изображеній щели *f*; изображенія эти переходятъ одни въ другія безъ замѣтныхъ границъ и въ совокупности образуютъ такъ-называемый спектръ солнечнаго свѣта, или короче, *солнечный спектръ*. Для этого опыта слѣдуетъ брать весьма тонкую щель и придавать призмѣ положеніе наименьшаго отклоненія для среднихъ лучей. По своей преломляемости главные цвѣта спектра располагаются слѣдующимъ образомъ: *красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фіолетовый*; чѣмъ дальше въ этомъ ряду стоитъ цвѣтъ, тѣмъ больше его преломляемость. Этотъ рядъ часто называютъ *семью цвѣтами призмы*, вслѣдствіе того, что онъ такъ легко получается при помощи призмы \*).

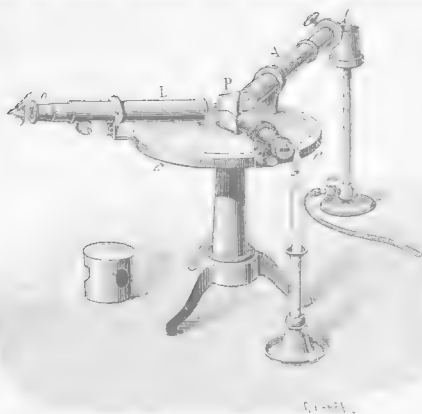
Всякій источникъ свѣта имѣетъ свой, *характерный* для него, спектръ. Если разлагаемый пучекъ А идетъ отъ *раскаленнаго твердаго тѣла*, напр., отъ раскаленной электрической токомъ платиновой проволоки или углей, производящихъ Вольтову дугу, то спектръ является *непрерывнымъ*, сплошнымъ, неизмѣщимъ темныхъ промежутковъ; при дальнѣйшемъ повышеніи температуры раскаленнаго тѣла, спектръ становится ярче и увеличивается въ своей фіолетовой части, т. е. получаетъ известное количество еще болѣе преломляемыхъ лучей. Если же разлагается пучекъ лучей, доставляемыхъ какимъ-нибудь *раскаленным газомъ* или *паромъ* (такіе раскаленные при помощи разрядовъ индукціонной катушки, газы или пары мы получаемъ въ Гейслеровыхъ трубкахъ), то различные изображенія щели являются уже раздѣленными одни отъ другихъ темными промежутками, *спектръ представляется въ этомъ случаѣ прерывистымъ*. При этомъ характеръ спектра опредѣляется природою улетучиваемаго вещества. Такъ, если въ углубленіе, сдѣланное въ нижнемъ, положительномъ углѣ Вольтовой дуги, положить кусочекъ *серебра*, то дуга дастъ прерывистый спектръ, состоящій изъ одной зеленой линіи, одной голубовато-зеленой и трехъ фіолетовыхъ; *мѣдъ* даетъ двѣ желтыя линіи и три очень близкія одна отъ другой зеленыя; при паряхъ *цинка* получаются одна ярко-красная линія и три рядомъ расположенныхъ голубыхъ. При улетучиваніи сплава въ спектрѣ находятся линіи, принадлежащія каждому изъ образующихъ сплавъ металловъ. Словомъ, для *каждаго раскаленнаго газа или пара существуетъ известный, характерный для него, рядъ цвѣтныхъ линій*, — известный *прерывистый спектръ*. Этотъ важный законъ, предугадывавшійся уже Уиттономъ и Миллеромъ въ 1846 г., установленъ многочисленными точными исследованиями Бунзена и Кирхгоффа въ 1856—59 г. Въ спектрѣ мы, такимъ образомъ, имѣемъ вѣрный физическій реактивъ: помощью его легко опредѣлить, содержится ли то или иное простое тѣло въ испытуемомъ веществѣ; чувствительность этого реактива столь велика, что при помощи его узнаются самые

\* Ньютонъ доказалъ путемъ многочисленныхъ исследований, что сложеніе въ одинъ пучекъ всѣхъ цвѣтовъ, раздѣленныхъ призмой, даетъ въ результатѣ именно тотъ свѣтъ, который подвергся разложенію. Исследования эти производились по преимуществу надъ солнечнымъ свѣтомъ.

Замѣтимъ, что свѣтъ можетъ казаться намъ бѣлымъ и въ томъ случаѣ, когда онъ содержитъ не всѣ цвѣта спектра; но тогда въ соответствующемъ ему спектрѣ на мѣстѣ недостающихъ лучей видѣются черныя линіи, полосы; такой спектръ называется *полосатымъ*, а соответствующій ему свѣтъ — *бѣлымъ цвѣтотъ высшаго порядка*. Изъ такихъ цвѣтовъ могутъ быть составлены группы такъ-называемыхъ *дополнительныхъ цвѣтовъ*.

Если какое-нибудь тѣло помѣщено въ известной области спектра, то оно принимаетъ окраску этой области — видимый намъ цвѣтъ тѣла принадлежитъ не самому этому тѣлу, а свѣту, его освѣщающему; если послѣдній есть сложный свѣтъ, то тѣло изъ падающихъ на него лучей одни поглощаетъ, а другіе отражаетъ, и эти-то отраженные лучи попадаютъ въ нашъ глазъ, получающій впечатлѣніе опредѣленнаго цвѣта, приписываемаго, въ обиходномъ разговорѣ, наблюдаемому тѣлу.

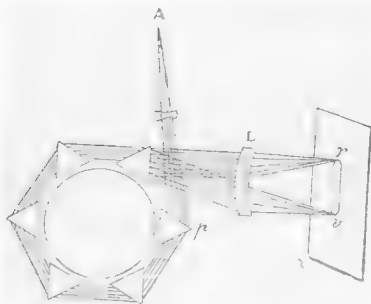
малѣйшіе слѣды вещества, неоткрываемые никакимъ другимъ способомъ. Если мы имѣемъ передъ собой *таблицу спектровъ* всѣхъ простыхъ тѣлъ, то, открывая какой-нибудь новый, еще не существующій въ таблицѣ, рядъ спектральныхъ линий, мы тѣмъ самымъ открываемъ существованіе новаго элемента въ улетучиваемомъ веществѣ.



Фиг. 376.—Спектроскопъ Бунзена и Кирхгоффа.

выхъ рудъ) повело Рейха и Рихтера къ открытію *индія*, а Лекокъ де-Буаодранъ такимъ-же способомъ нашелъ металлъ *галлій*.

Для получения однороднаго свѣта пользуются парами металловъ. Литій, улетучиваемый въ пламени спиртовой лампы, или таллій, улетучиваемый разрядомъ индукціонной катушки, проходящимъ между двумя проволоками изъ названнаго металла, даютъ совершенно одноцвѣтные полосы. Одноцвѣтную-же



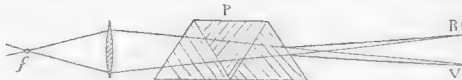
Фиг. 377.—Схема спектроскопа, дающаго большое расcѣяніе (раздвинутый спектръ).

полосу — металла натрія — даетъ пламя, получающееся при сгораніи спиртнаго раствора поваренной соли. Приборы, при помощи которыхъ изучаются спектры различныхъ тѣлъ, извѣстны подъ названіемъ *спектроскоповъ*. Наиболѣе употребительный изъ нихъ есть такъ называемый *ионометръ Бабине*, или *спектроскопъ Бунзена и Кирхгоффа*. На кругломъ столикѣ съ дѣленіями, *сс*, вертикально поставлена призма Р. Надъ столикомъ, сходясь къ призмѣ, расположены коллиматоръ А (трубка съ двояковыпуклыми чечевицами, изъ которой лучи выходятъ параллельными) и астрономическая трубка Л; щель помѣщается въ фокусной плоскости

ахроматической чечевицы коллиматора; объективъ у зрительной трубки также ахроматическій. Различные параллельные лучи, составляющіе проходящій чрезъ призму пучекъ, отклоняются призмой неодинаково, но лучи одного цвѣта всегда выходятъ параллельными другъ другу. Получающійся въ фокусной плоскости

объектива зрительной трубы рядъ цвѣтныхъ—красныхъ, желтыхъ и т. д. изображеній щели, рассматривается чрезъ окуляръ Рамсдена о. Если желательнѣе получить большее раздѣленіе, разсѣяніе цвѣтовъ, то пользуются снарядами съ вѣсколыми призмами, каковы, напр., спектроскопы Толлона, Вольфа и др. Общее расположеніе такихъ приборовъ показано на фигурѣ 377. Обыкновенно рядомъ со спектромъ получается, путемъ отраженія отъ призмы, изображеніе раздѣленной на части линейки, позволяющее измѣрить величину каждой цвѣтной полосы. Иногда желательнѣе бываетъ разсматривать спектръ въ направленіи падающаго пучка; для этой цѣли употребляютъ особую систему, въ которой вѣсколыми кронгласовыхъ и флинтгласовыхъ призмъ (фиг. 378) склеены между собою съ такимъ расчетомъ, чтобы желтыя лучи вышли изъ нея неотклоненными: тогда красная часть помѣщается по одну сторону направленія падающихъ лучей, въ R, а фіолетовая—по другую, въ V. Подобные снаряды называютъ *спектроскопами прямого видѣнія*.

Необходимо замѣтить, что свѣтовые лучи суть вмѣстѣ съ тѣмъ и *тепловые*. Передвигая чувствительный термометръ вдоль различныхъ частей спектра, мы уже при прохожденіи термометра мимо желтой части получаемъ замѣтное для насъ повышеніе температуры, которое, быстро возрастая, достигаетъ максимума въ красной части спектра, у темной полосы, длина которой, для солнечнаго спектра, почти равна длинѣ свѣтлой части; эта темная полоса извѣстна подъ названіемъ *инфракрасной* (или ультракрасной) части спектра. Для изученія тепловыхъ свойствъ спектра употребляютъ также тоненькій (линейный) *термоэлектрический столбикъ*, соединенный съ чувствительнымъ гальванометромъ; величина отклоненія стрѣлки гальванометра, при предвигеніи столбика вдоль спектра, показываетъ температуры, соответствующія различнымъ частямъ послѣдняго. Для той же цѣли пользуются еще такъ называемымъ *болетромъ* Лангленда, основаннымъ на увеличеніи сопротивленія въ той части цѣпи, температура которой повышается.



Фиг. 378. — Схема спектроскопа прямого видѣнія.

Кромѣ свѣтовой и тепловой энергіи, спектръ обладаетъ еще энергіей *химической*, т. е. отъ дѣйствія его могутъ происходить химическія разложенія и соединенія: такъ, свѣтъ разлагаетъ соли серебра, измѣняетъ иудейскую омову, производитъ соединеніе (со взрывомъ) хлора и водорода въ хлористоводородную кислоту, и т. д. Начиная проявляться у желтой части спектра, эти химическія дѣйствія достигаютъ наибольшей энергіи за фіолетовой и прекращаются только на разстояніи, въ пять разъ превышающемъ величину всей свѣтлой части спектра. Эта часть, темная для большинства людей, но дѣятельная въ химическомъ отношеніи, называется *ультрафіолетовой*. Наиболѣе длинный ультрафіолетовый спектръ даютъ пары металла кадмія.

У каждой части спектра всѣ названные три свойства—свѣтовые, тепловые и химическія—существуютъ совмѣстно, представляя собою, по выраженію Маскара \*) (въ его *Ученіи о свѣтѣ*), „лишь различныя проявленія одной и той же энергіи, — проявленія, повидимому, столь неодинаковыя, но тѣмъ не менѣе совершенно нераздѣльныя во всѣхъ явленіяхъ природы“.

Съ этой, обобщающей, точки зрѣнія мы вмѣсто выраженія „свѣтовой лучъ“

\*) Эдм-Никола Маскаръ, род. въ Карублѣ (Норъ), 20-го февраля 1831 г., профессоръ физики во Французской коллегіи, постоянный секретарь академіи наукъ, авторъ замѣчательныхъ сочиненій объ электричествѣ; къ числу важнѣйшихъ его произведеній (не считая многихъ другихъ классическихкихъ статей и меуаровъ) принадлежатъ слѣдующія: *Ученіе о статическомъ электричествѣ*, *Приложеніе метеорологич. къ предсказанію погоды*, *Лекціи объ электричествѣ и магнитизмѣ* составленныя въ сотрудничествѣ съ Жуберомъ, *Ученіе о свѣтѣ* и др.

будемъ употреблять слово *лучь*, которое одинаково относится къ любой части и къ любому проявленію энергіи спектра. „Свѣтовое впечатлѣніе,—продолжаетъ Маскаръ,—есть фیزیологическое дѣйствіе, зависящее отъ строенія глаза наблюдателя и потому не могущее служить мѣриломъ для сравненія энергіи различныхъ лучей; съ другой стороны, въ своихъ химическихъ дѣйствіяхъ спектръ проявляетъ извѣстную избирательность: характеръ этихъ дѣйствій зависитъ отъ природы и физическаго состоянія взятаго вещества. Другое дѣло — тепловая дѣйствія: они проявляются одинаково при всякихъ условіяхъ, и потому справедливо будетъ считать *мной энергіи данныхъ лучей* то количество теплоты, какое они способны развить въ какомъ-либо тѣлѣ за опредѣленный промежутокъ времени.“—Хотя яркости различныхъ цвѣтовъ трудно поддаются сравненію, однакоже, Фраунгоферу удалось опредѣлить приблизительно относительную яркость каждой части солнечнаго спектра: наибольшей яркостью отличается желтая часть; отсюда сила свѣта уменьшается въ ту и другую сторону \*).

Лучи спектра производятъ и другія дѣйствія, которыя мы здѣсь только укажемъ, не вдаваясь въ подробности. Подвергаясь въ теченіе нѣкотораго времени дѣйствію солнечнаго свѣта, твердыя тѣла,—какъ это лучше всего видно на сѣрнистыхъ баріи, стронціи и калии или на алмазѣ,—приобрѣтаютъ, на нѣкоторое время, способность испускать свѣтъ въ темнотѣ; это явленіе извѣстно подъ названіемъ *фосфоресценціи*. Изъ опытовъ Беккереля съ фосфороскопомъ, посредствомъ котораго различныя тѣла быстро перемѣщались изъ освѣщеннаго мѣста въ темное, выяснилось, что фосфоричностью обладаютъ всѣ тѣла, но въ очень различной степени. Такъ, въ то время какъ сѣрнистый стронцій, напр.

\*) На химическихъ свѣтълахъ солнечнаго спектра основано весьма важное въ практическомъ отношеніи *фотографическое* искусство. Въ 1826 г. Нисефоръ Ніпсъ первый воспроизвелъ рядъ гравюръ на пластинкахъ, покрытыхъ іудейской смолой, выставивъ эти пластинки на свѣтъ. Такъ какъ лучи отъ свѣтлыхъ мѣстъ гравюръ сдѣлали соответственные части іудейской смолы нерастормозимы въ нефть, то этой послѣдней могли быть смыты только части, соответствовавшія чернымъ мѣстамъ гравюръ. Таковъ общій принципъ фотографіи.—Въ концѣ прошлаго столѣтія (въ 1786 г.) Шееле было извѣстно разложеніе свѣтомъ серебряныхъ солей съ выдѣленіемъ металлическаго серебра. Этотъ фактъ воспользовался Дагерръ—для фиксированія изображеній, получавшихся на экранѣ въ темной комнатѣ. Методъ названнаго изобрѣтателя—такъ называемый *дагерротипъ*, ставшій общенѣзвѣстнымъ въ 1849 г., благодаря замѣчательному докладу Араго, сдѣланному въ палатѣ депутатовъ, состоялъ въ слѣдующемъ. Посеребренная желѣзная пластинка подвергалась въ теченіе нѣкотораго времени дѣйствію паровъ іода, вслѣдствіе чего на ней получался тонкій слой іодистаго серебра; послѣ этого пластинка подвергалась дѣйствію свѣта (т. е. на ней въ камерѣ-обскурѣ, пролагалось изображение предмета) и затѣмъ вносились въ темную комнату, гдѣ ее держали надъ парами ртути, имѣвшими температуру 60°. По окончаніи этой операціи рамку (*шасси*) переносили въ рабочую комнату. Въ тѣхъ частяхъ пластинки, гдѣ произошло разложеніе іодистаго соли, т. е. гдѣ выдѣлилось металлическое серебро, получалась амальгама серебра, такъ что по удаленіи невѣзвѣннаго іодистаго серебра промываніемъ пластинки въ сѣроуксуснотанриевой соли (растворяющей іодистое серебро), на пластинкѣ являлась блестящая фотографія предмета. Но этотъ длинный, хлопотливый способъ замѣненъ въ настоящее время, другимъ, болѣе удобнымъ. Здѣсь употребляется жидкость, содержащая на 65 куб. сантим. очищеннаго эвнера, 35 куб. сантим. спирта, 0,6 грамма іодистаго кадмія, 0,4 гр. іодистаго аммонія, 01 гр. бромистаго аммонія и 1 гр. хлопчатобумажнаго пороха. Нѣсколько капель этой жидкости, называемой *коллодиумомъ*, наливаютъ ровнымъ слоемъ на хорошо вычищенную стеклянную пластинку. Спиртъ и эфиръ быстро испаряются, и на пластинкѣ остается тоненькая перепонка. Затѣмъ пластинку дѣлаютъ чувствительной къ свѣту, погружая ее въ *ванну* изъ 70%-наго раствора азотносеребряной соли (это дѣлается въ кабинетахъ съ красными стеклами въ окнахъ); при этомъ на пластинкѣ выдѣляется іодистое и бромистое серебро. Приведа изображение фотографируемаго предмета на помѣщенное въ камеру-обскуру матовое стекло, т. е. установивъ его какъ разъ въ фокусѣ, замѣняютъ матовое стекло плоскимъ аякомъ или *шасси*, въ которомъ заключена свѣточувствительная пластинка. Если затѣмъ поднять дверь *шасси*, то изображение получится на свѣточувствительномъ слоеѣ. Черезъ нѣсколько времени *шасси* закрываютъ и переноситъ въ кабинетъ. Теперь надо *проявить*, т. е. сдѣлать ясныя получившіеся слабое изображеніе. Для этой дѣли предложено множество жидкостей; пользуются, напр., растворомъ 50 гр. чистой сѣрожелѣзистой соли въ 250 куб. сантим. воды; дѣйствіе этого раствора заключается въ окончательномъ освобожденіи металлическаго серебра изъ тѣхъ мѣстъ, на которыя дѣйствовала свѣтъ. *Отмыши* неразложившаго соли сѣроуксуснотанриевой солью, мы получаемъ *негативъ*, т. е. такую фотографію, въ которой свѣтлыя мѣста соответствуютъ темнымъ частямъ предмета, а темныя (металлическое серебро)—свѣтлымъ; окончательное же, или по-

можетъ оставаться свѣтящимся въ продолженіе нѣсколькихъ часовъ, нѣкоторыя другія тѣла способны свѣтиться лишь небольшую долю секунды. Фосфоресцирование производятъ преимущественно афіолетовыми лучами. Природа являющихся при этомъ свѣтлыхъ лучей зависитъ отъ множества обстоятельствъ, но, вообще говоря, эти лучи обладаютъ меньшей преломляемостью, нежели лучи афіолетовые, ихъ производящія.

Тѣ же самые темные ультрафіолетовые лучи, будучи направлены на растворъ сѣрнохлороваго хинина, на настой дикаго каштановаго дерева, на урановое стекло и т. д., поглощаются этими тѣлами, которыя зато дѣлаются свѣтящимися: урановое стекло, напр., начинаетъ при этомъ излучать ярко-зеленый свѣтъ. Это явленіе называется *флуоресценціей*. Здѣсь опять энергія темныхъ лучей является въ видѣ свѣтлыхъ лучей.

Въ случаѣ флуоресценціи лучи производимые исчезаютъ такъ скоро по прекращеніи дѣйствія производящихъ, что опредѣленіе продолжительности флуоресцирования является совершенно невозможнымъ.

Теперь рассмотримъ подробнѣе строеніе *солнечнаго спектра*. Фраунгоферъ первый замѣтилъ въ солнечномъ спектрѣ множество черныхъ линий (*фиг. 379*) и въ своемъ описаніи обозначилъ ихъ буквами латинскаго алфавита \*). Эти



Красный. Оранжевый. Желтый. Зеленый. Голубой. Синій. Фиолетовый.  
Фиг. 379.—Основные цвѣта и важнѣйшія черныя линіи солнечнаго спектра.

*Животное* изображеніе получается на стеклянной пластинкѣ или на листкѣ бумаги, предварительно покрытыхъ свѣточувствительнымъ слоемъ путемъ погруженія ихъ сперва въ растворъ поваренной соли, потомъ въ 20%-ный растворъ азотосеребряной соли. Такую пластинку или бумагу высушиваютъ, кладутъ свѣточувствительной стороной на негативъ и подвергаютъ дѣйствию свѣта. Послѣдній, проходя чрезъ свѣтлую мѣста негатива, разлагаетъ покрывающую бумагу серебряную соль въ соответствующихъ точкахъ, такъ что на бумагѣ получается негативное изображеніе негатива, т. е. *прямое* изображеніе предмета. Промывъ бумагу въ растворѣ сѣрноазотистой кислоты, ее погружаютъ въ растворъ хлористаго серебра, для того, чтобы, вслѣдствіе образующагося при этомъ соединенія серебра съ золотомъ, рыжіе цвѣтъ темныхъ мѣстъ изображенія перешелъ въ болѣе пріятный фіолетовый.

Употребляя *бромъ-эсалициевыя* пластинки, мы не только получаемъ возможность фотографировать *миновено*, но и освобождаемся отъ необходимости проявлять изображеніе точнѣе-же: будучи соприкасаемы въ темномъ мѣстѣ, стекла не утрачиваютъ своей пригодности и спустя нѣсколько мѣсяцевъ. При этомъ способѣ стекла приготавливаются слѣдующимъ образомъ. Въ разведенный растворъ желатина (7 гр. желатина на 100 гр. воды) вливаютъ сначала растворъ азотосеребряной соли (4 гр. азотосеребряной соли на 10 гр. воды), потомъ—бромистаго аммонія и бромистаго калия; полученная жидкость размѣшивается до появленія отбѣльнаго осадка бромистаго серебра. По прибавленія въ жидкость концентрированнаго горячаго раствора желатина ее снова хорошенько размѣшиваютъ. Массу, получающуюся по охлажденіи этой смѣси, разбѣиваютъ, промываютъ въ водѣ, расплавляютъ и, наконецъ, наливаютъ ровнымъ слоемъ на стеклянныя пластинки. По полученіи изображенія, послѣднее проявляется растворомъ шавелекислаго желѣза или сѣрью гидроксидомъ съ сѣрнистоазотной и угнетазотной солями. Во всемъ остальномъ процессъ проявленія сходенъ съ вышеописаннымъ.

Въ настоящее время обыкновенная, или *черная* фотографія является настолько усовершенствованной, что фотографическимъ путемъ легко прослѣдить отдѣльные моменты въ ритмѣ летанія птицъ, лошадиного галопя, или отдѣльныя послѣдовательныя движенія акробата въ дѣйстви; фотографируются тончайшія развѣтвленія молній, фотографируется видное небо и въблизи астронома уже нѣмнѣе чрезвычайно точныя небесныя карты, на которыхъ отчетливо разбираются звѣзды 14-й величины.

Если на пластинку, покрытую надлежащимъ слоемъ хлористаго серебра, принять спектръ, то спустя часъ или два на ней появится изображеніе спектра съ сохраненіемъ всѣхъ его нормальныхъ цвѣтовъ, но эти послѣдніе исчезаютъ весьма быстро, такъ что *истинная фотографія* представляется еще покуда весьма мало совершенной.

О фотографіи можно было бы сказать еще очень многое. Но мы, понятны, вынуждены были ограничиться здѣсь лишь самыми существенными.

\* Нѣсколько черныхъ линій въ спектрѣ было замѣчено уже Волластономъ, который, однако, не придалъ имъ никакого значенія.

линии онъ сдѣлать характерными именно для сплошнаго свѣта, такъ какъ оказалось, что видъ и относительное расположеніе ихъ не зависитъ отъ вещества ваятой для опыта призмы. Что это дѣйствительно такъ, видно также изъ того, что спектръ луны и другихъ планетъ, посылающихъ къ намъ отраженный солнечный свѣтъ, во всемъ сходенъ съ солнечнымъ; напротивъ, у каждой неподвижной звѣзды спектръ имѣетъ свои, характерныя лишь для него, черныя линии. Для сравненія спектръ, принадлежащихъ двумъ различнымъ источникамъ свѣта, верхнюю половину щели спектроскопа закрываютъ (фиг. 380) призмою съ полнымъ внутреннимъ отраженіемъ, расположенною такимъ образомъ, чтобы она отражала въ названную половину щели лучи отъ источника S, прошедшіе чрезъ двойно-выпуклую чечевицу, лучи же отъ второго источника свѣта выпускаютъ чрезъ нижнюю половину щели. Благодаря этому, оба рода лучей выходятъ изъ коллиматора параллельно одни другимъ и падаютъ на призму подъ однимъ и тѣмъ же угломъ; получается два спектра, изъ которыхъ верхній принадлежитъ источнику S, а нижній второму источнику свѣта. Если въ этомъ опытѣ источникъ S есть пламя, содержащее пары натрія, а лучами второго рода служить солнечныя, то, какъ легко замѣтить, обѣ желтыя линии натрія какъ разъ совпадаютъ съ черными линиями D<sub>1</sub> и D<sub>2</sub> солнечнаго спектра. Подобнымъ же путемъ можно убѣдиться, что цвѣтныя линии водорода совпадаютъ съ линиями G и F.

Изъ опыта стало извѣстно, что черныя линии солнечнаго спектра могутъ служить точными указателями преломляемости лучей различныхъ цвѣтовъ, т. е. что преломляемость той или иной цвѣтной черты тождественна съ преломляемостью лучей, испускаемыхъ совпадающей съ этой чертой Фраунгоферовой линіей; такъ, напр., желтыя лучи натрія имѣютъ такую именно преломляемость, какъ лучи, испускаемые черными линиями D<sub>1</sub> и D<sub>2</sub> солнечнаго спектра. Откуда же происходятъ эти замѣчательныя черныя линіи?—На этотъ вопросъ отвѣчаютъ изслѣдованія Леона Фуко. Наблюдая спектръ солнечныхъ лучей, прошедшихъ черезъ пламя Вольтовой дуги, содержащее пары натрія, названный ученый замѣтилъ, что линіи D<sub>1</sub> и D<sub>2</sub> дѣлаются при этомъ чертѣ и больше обыкновенныхъ линій D<sub>1</sub> и D<sub>2</sub> солнечнаго спектра, причемъ эти широкія темныя полосы какъ разъ совпадаютъ съ желтыми частями спектра одной Вольтовой дуги. Изъ этого Фуко заключилъ,



Фиг. 380.—Сравненіе двухъ спектровъ.

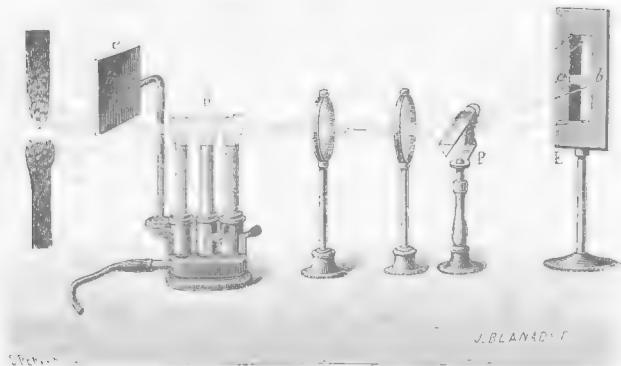
что „электрическая дуга, содержащая пары натрія, — металла, испускающаго яркіе лучи преломляемости Фраунгоферовой линіи D,—обладаетъ способностью поглощать именно эти лучи“ Трудами Онгстрёма и Кирхгоффа этому выводу было придано общее значеніе. Оказалось, что всякое пламя пропускаетъ только тѣ лучи, которыхъ оно не можетъ поглощать, и, наоборотъ, поглощаетъ именно тѣ, которые оно способно испускать \*).

При достаточной толщинѣ пламени поглощеніе явится полнымъ, причемъ, въ сущности темная часть наблюдаемаго спектра (часть поглощенія) будетъ испускать лучи такой же силы, какой обладаютъ тождественныя съ ними, по преломляемости, лучи поглощающаго пламени. Если, напр., на пути лучей отъ Вольтовой дуги, падающихъ на призму P (фиг. 381), помѣстятъ три газовыхъ пламени, окрашенныхъ парами натрія, то при надлежащемъ расположеніи приборовъ, мы получимъ два рядомъ лежащіе спектра: сплошной спектръ раскаленного угля, прерываемый темной полосой D, и прерывистый спектръ натрія, въ которомъ противъ темной полосы сплошнаго спектра лежитъ желтая полоса a. Въ дѣйствительности, обѣ эти полосы испускаютъ совершенно одинаковыя

\*) Между этими явленіемъ и извѣстнымъ звуковымъ явленіемъ существуетъ полная аналогія. Именно резонаторъ точно также можетъ поглощать только тѣ звуки, которые онъ самъ способенъ издавать; для всѣхъ же прочихъ звуковъ онъ является, такъ сказать, непропускающимъ, т. е. по отношенію къ нимъ онъ оказывается совершенно индифферентнымъ.

лучи, но полоса  $b$  кажется намъ черной только потому, что ее затмѣваетъ осталъная часть сплошнаго спектра, обладающая гораздо большей яркостью, нежели лучи натріеваго пламени, замѣщающіе здѣсь электрическія лучи; чѣмъ свѣтлѣе фонъ, сравнительно съ находящейся на немъ чертою, тѣмъ эта послѣдняя кажется намъ темнѣе. Получить, путемъ поглощенія, такую темную черту въ спектрѣ на мѣстѣ свѣтлой — значитъ *обратить* эту свѣтлую черту, получить *обращенный спектр*, или, какъ еще выражаются, *спектръ поглощенія* \*).

Факты, о которыхъ мы только-что говорили, — факты, добываемые *спектральнымъ анализомъ*, относятся къ категоріи наибольшѣйшихъ въ наукѣ: спектральный анализъ является единственнымъ имѣющимся въ распоряженіи астронома средствомъ къ изученію строенія небесныхъ тѣлъ. Но, несмотря на высокій интересъ, представляемый этимъ отдѣломъ физики, мы вынуждены ограничиться сказаннымъ и перейти къ рассмотрѣнію совершенно иныхъ явленій.



Фиг. 381.—Обращеніе цѣльныхъ линій спектра.  $c$  — экранъ, перехватывающій часть свѣтового пучка;  $E$  — экранъ, на которомъ наблюдается обращеніе.

\*) Если солище окружено атмосферою, способною испускать лучи тѣхъ же преломляемостей, какъ лучи темныхъ (Фраунгоферовыхъ) линій солнечнаго спектра, то существованіе послѣднихъ, очевидно, можетъ быть объяснено поглощеніемъ упомянутой атмосферою нѣкоторыхъ изъ лучей, испускаемыхъ раскаленнымъ центральнымъ ядромъ солнца. Въ этомъ-то и состоитъ теорія Кирхгоффа. Изъ такого представленія слѣдуетъ, что для опредѣленія природы тѣхъ паровыхъ или жидкихъ веществъ, которыя находятся въ атмосферѣ солнца или вообще какой-либо неподвижной звѣзды, достаточно найти тѣ вещества, которыя, будучи введены въ блѣдное пламя (напр., газовое), даютъ свѣтлыя линіи, совпадающія съ темными линіями спектра данной звѣзды. Кирхгоффъ, Оггстрѣмъ и Таленъ а подтверде, въ 1878 г., Локайеръ доказали существованіе въ солнечной атмосферѣ двадцати металловъ; въ настоящее время мы уже насчитываемъ не менѣе тридцати.

Но не всѣ видныя въ солнечномъ спектрѣ черныя линіи могутъ быть объяснены вышеупомянутымъ путемъ; нѣкоторыя изъ нихъ слѣдуетъ отнести на поглощеніе нераскаленными элементами земной атмосферы: это такъ-называемыя *атмосферическія* (теллурическія) *спектральныя линіи*, изученныя Янсенемъ, Кюрию и др. Подобнаго рода *спектръ поглощенія* легко получить, пропуская солнечные лучи чрезъ трубку съ азотноватымъ амидридомъ. Въ настоящее время химикамъ уже извѣстны спектры всѣхъ газовъ.

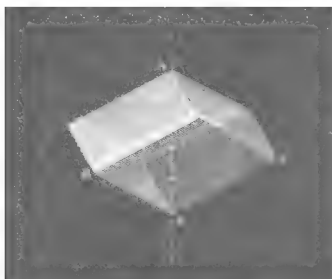
Замѣтимъ здѣсь, что въ инфракрасной (тепловой) части спектра имѣются такія линіи, которыя испускаютъ ничтожное количество тепловыхъ лучей: это именно линіи поглощенія въ названной части спектра; ихъ легко наблюдать при помощи болометра Ланглея. Точно также въ ультрафіолетовой части спектра существуютъ недѣйствительныя линіи, вѣзче — линіи поглощенія. Маскаръ и Кюрию показали, что эти линіи могутъ быть сфотографированы, благодаря тому, что соотвѣтствующія имъ мѣста чувствительнаго слоя не подвергаются никакому химическому дѣйствію. Въ существованіи ихъ также легко убѣдиться, наблюдая, чрезъ окуляръ Рамсдена, урановое стекло, подвергнутое дѣйствію ультрафіолетовыхъ лучей: именно, въ мѣстѣхъ, соотвѣствующихъ недѣйствительнымъ линіямъ въ ультрафіолетовой части спектра, урановое стекло не обнаруживаетъ флуоресценціи.

Не всѣ прозрачныя тѣла относятся къ свѣту такъ, какъ стекло или вода. Путемъ изслѣдованій надъ минераломъ, извѣстнымъ подъ названіемъ *исландскаго шпата* \*), Эразмъ Бартолиниъ доказалъ, что падающій пучекъ свѣтовыхъ лучей можетъ, путемъ преломленія, распасться на два отдѣльныхъ пучка. Это—явленіе такъ-называемаго *двойного преломленія*.

Пусть на ромбоэдръ *исландскаго шпата* R падаетъ перпендикулярно пучекъ свѣтовыхъ лучей A (фиг. 382). Тогда замѣтимъ, что одна часть лучей проходитъ черезъ кристаллъ безъ отклоненія и выходитъ въ O, между тѣмъ какъ другая, преломившись, принимаетъ въ кристаллѣ направленіе *то* и выходитъ въ E, параллельно A и O; плоскость, въ которой лежатъ пучки A, O и E, параллельна линіи, соединяющей вершины тупыхъ угловъ двухъ противолежащихъ граней, встрѣчаемыхъ этими пучками. Если мы станемъ поворачивать кристаллъ такъ, чтобы онъ все время оставался перпендикулярнымъ къ A, то убѣдимся, что пучекъ O сохраняетъ при этомъ свое первоначальное направленіе, въ

то время какъ E вращается вокругъ названнаго пучка; желая сказать, что пучекъ, или—для простоты—лучъ O является такимъ же, каковымъ онъ былъ бы и въ случаѣ стекляннаго ромбоэдра, называютъ этотъ лучъ *обыкновеннымъ*, обозначая въ то же время лучъ E, повинующійся особому закону преломленія, какъ *необыкновенный*.

Если въ R помѣстить еще одинъ такой же ромбоэдръ R', то, изъ послѣдняго, какъ и нужно было предвидѣть, выйдутъ уже четыре пучка. O раздѣлится на пучки O<sub>1</sub> и O<sub>2</sub>, а E—на E<sub>1</sub> и E<sub>2</sub>. Если теперь будетъ вращать одинъ изъ ромбоэдровъ, напр., R', то вторичные обыкновенные пучки O<sub>1</sub> и E<sub>1</sub> не измѣнятъ своихъ



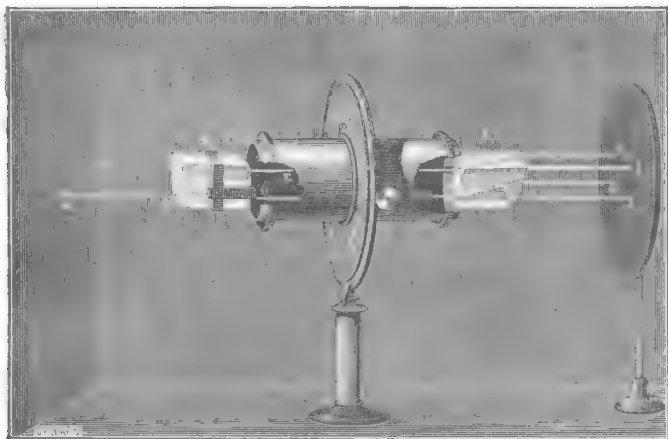
Фиг. 382.—Ромбоэдръ *исландскаго шпата* (углекислая известь).

направленій, пучки же O<sub>2</sub> и E<sub>2</sub> станутъ вращаться вокругъ O<sub>1</sub> и E<sub>1</sub>; кроме того, яркости послѣднихъ, какъ впервые замѣтилъ Гюйгенсъ, при этомъ измѣняются. Для того, чтобы облегчить себѣ изученіе того закона, которому подчиняется это измѣненіе силы свѣта,—чтобы упростить опыты, исключимъ пучекъ E. Тогда будемъ имѣть на экранѣ только два изображенія—O<sub>1</sub> и O<sub>2</sub>. При извѣстномъ положеніи ромбоэдра R' изображеніе O<sub>1</sub> исчезнетъ, а изображеніе O<sub>2</sub>, наоборотъ, достигнетъ въ это время наибольшей яркости, затѣмъ яркость изображенія O<sub>1</sub> станетъ увеличиваться, а яркость O<sub>2</sub>, напротивъ, уменьшаться. При поворотѣ ромбоэдра на 45° отъ этого положенія оба изображенія имѣютъ одинаковую яркость, далѣе же все болѣе и болѣе яркимъ является изображеніе O<sub>1</sub>, и при 90° оно достигнетъ своей наибольшей яркости, между тѣмъ какъ необыкновенное изображеніе O<sub>2</sub> совершенно исчезаетъ. Указанный рядъ явленій повторяется затѣмъ для каждой новой четверти окружности; фигура 384 показываетъ описанное измѣненіе яркостей двухъ изображеній для полного оборота

\*) *Исландскій шпатъ* является въ видѣ крупныхъ кристалловъ, легко раскалывающихся на ромбоэдры. Ромбоэдръ (фиг. 382) есть гексаэдр (шестигранныкъ) съ шестью равными и наклонными между собою гранями, имѣющими форму ромба. Три тупыхъ угла сходятся въ вершинѣ A, еще три—въ A'. Линія AA', соединяющ. эти двѣ вершины, называется *кристаллографическою осью* *исландскаго шпата*. Если, взявъ кристаллъ большимъ и указательнымъ пальцами за вершины A и A', расклатывать его при поворачиваніи около оси AA', то увидимъ, что при каждомъ оборотѣ онъ проходитъ три раза черезъ одно и то же положеніе; поэтому о такомъ кристаллѣ говорятъ, что онъ имѣетъ *тройную симметрію*. Всякій кристаллъ, у котораго существуетъ линія, подобная AA', каково бы ни было число прохожденій чрезъ одно и то же положеніе, называется *однооснымъ*; число же прохожденій указываетъ при этомъ на *порядокъ* его *симметріи*.



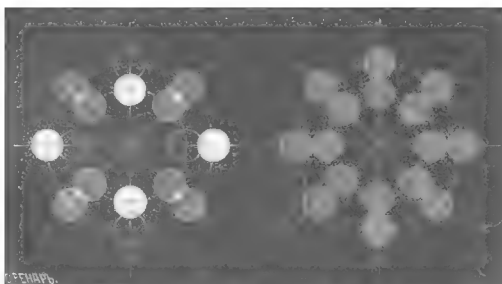
ромбоэдра  $R'$ . Если изображенія  $O_0$  и  $O$  расположены на экранѣ такимъ образомъ, что частью сливаются одно съ другимъ, то ихъ общая часть сохраняетъ постоянно одну и ту же яркость; изъ этого очевидно, что яркости обоихъ изображеній являются строго *дополнительными* одна по отношенію къ другой: сила



Фиг. 383.—Прямолінейная поляризація свѣта.

свѣта падающаго пучка  $O$  раздѣляется между выходящими пучками  $O_0$  и  $O_0$  — различно для различныхъ относительныхъ положеній ромбоэдровъ  $R$  и  $R'$ .

Плоскость, проходящая чрезъ ось  $AA'$  ромбоэдра (фиг. 382) и линіи, дѣлящія пополамъ тупые углы двухъ противолежащихъ граней, называется



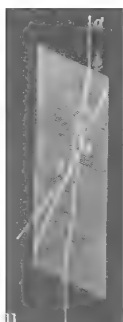
1. Фиг. 384. 2.

1. Постѣдовательная яркости обоихъ изображеній при перемѣщеніи главнаго сѣченія анализатора  $R'$  относительнаго такого же сѣченія поляризатора  $R$ .

2. Яркости обыкновеннаго ( $O$ ) и необыкновеннаго ( $E$ ) изображеній, даваемыхъ однимъ только поляризаторомъ  $R$ , не зависятъ отъ положенія главнаго сѣченія поляризатора по отношенію къ пучку  $A$ .

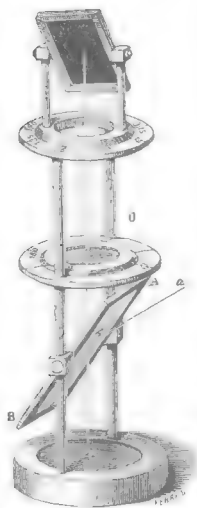
*главнымъ сѣченіемъ* ромбоэдра; это сѣченіе перпендикулярно къ упомянутымъ гранямъ. Полное исчезновеніе одного изображенія, рядомъ съ наибольшей яркостью другого, бываетъ тогда, когда *главное сѣченіе ромбоэдра  $R'$ , принимаетъ*

положеніе, параллельное или перпендикулярное къ такому же сѣченію ромбоэдра  $R$ . Такимъ образомъ, между пучкомъ  $A$  и происходящимъ изъ него пучкомъ  $O$  существуетъ большое различіе: въ то время, какъ при вращеніи ромбоэдра  $R$  яркость пучковъ  $O$  и  $E$  (данныхъ пучкомъ  $A$ ) остается безъ измѣненія, яркость пучковъ  $O_o$  и  $O_e$ , происходящихъ отъ раздѣленія  $O$ , напротивъ, периодически измѣняются при поворачиваніи ромбоэдра  $R'$ , становясь равными между собой тогда, когда главное сѣченіе кристалла  $R'$  принимаетъ положенія, симметричныя по отношенію къ главному сѣченію ромбоэдра  $R$ , или, что то же, къ плоскости, перпендикулярной къ этому сѣченію. Эту симметричность пучка  $O$  выражаютъ, говоря, что свѣтъ упомянутого пучка представляется *поляризованнымъ* \*), причемъ за *плоскость поляризаціи* пучка произвольно берется главное сѣченіе ромбоэдра  $R$ . На этомъ-то основаніи ромбоэдръ  $R$  называютъ *поляризаторомъ*, а  $R'$ , т.-е. ромбоэдръ, помощью котораго обнаруживаются свойства поляризованнаго пучка, ромбоэдръ, разлагающій, *анализирующий* этотъ пучокъ, — *анализаторомъ*. Различіе между тѣмъ и другимъ вытекаетъ лишь изъ ихъ различнаго положенія, а потому и роли, въ опытѣ.



Фиг. 385. — Ходъ обыкновеннаго и необыкновеннаго лучей въ Николевой призмѣ.

Наблюдая такимъ же способомъ необыкновенный пучокъ  $E$ , убеждаемся, что и онъ также является поляризованнымъ; но разница въ томъ, что, изображеніе  $E_o$  получаетъ наибольшую яркость въ тотъ моментъ, когда исчезаетъ  $O_o$ , а изображеніе  $E_e$  — тогда, когда исчезаетъ  $O_e$ . Это отличіе объясняютъ тѣмъ, что плоскостью симметріи или поляризаціи необыкновеннаго пучка служатъ плоскость, перпендикулярная къ главному сѣченію кристалла  $R$ , т.-е. къ плоскости поляризаціи обыкновеннаго пучка  $O$ ; поэтому говорятъ, что *изъ ромбоэдра  $R$  выходятъ два пучка, которые поляризованы во взаимно-перпендикулярныхъ плоскостяхъ* \*\*).



Фиг. 386. — Поляризація свѣта черезъ отраженіе.

поляризаціи служатъ именно плоскость паденія. Анализаторомъ можетъ также служить другое подвижное зеркало (фиг. 386), причемъ наблюдаютъ измѣненія яркости вторично-отраженнаго луча при перемѣненіи плоскости втораго отраженія по отношенію къ плоскости перваго отраженія.

\*) Отъ греч. *πολέω* (полеω) — вращать.

\*\*) Пластинка, вырѣзанная изъ кристалла, также раздѣляетъ падающій лучъ, поляризуя оба выходящіе луча во взаимно-перпендикулярныхъ плоскостяхъ. Если двѣ пластинки вырѣзаны изъ кристалла по плоскостямъ, образуемымъ съ осью ромбоэдра одинъ и тотъ же уголъ, то дѣйствіе ихъ на лучъ одинаково. Если, наконецъ, пластинка вырѣзана перпендикулярно къ оси  $AA'$ , то лучъ, падающій на пластинку перпендикулярно къ ней, т.-е. параллельно оси, не раздѣляется; другими словами, кристаллографическая ось есть въ то же время и ось *оптической симметріи*. Слѣдя главному сѣченію анализатора на кристаллической пластинкѣ, соответствующіе тѣмъ моментамъ, когда свѣтъ, посылаемый ему послѣднее, исчезаетъ или достигаетъ максимальной яркости, называютъ *главными сѣченіями пластинки*. Направленія эти обыкновенно отбѣиваются на всякой пластинкѣ.

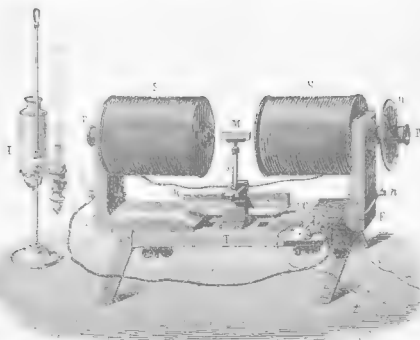
Рассматривая свѣтовой лучъ чрезъ призму изъ исландскаго шпата, мы получаемъ два спектра: обыкновенный и необыкновенный.

Всѣ одноосные кристаллы, различныя въ различной степени, относятся къ свѣту такъ, какъ исландскій шпатъ: послѣ шпата, наибольшимъ въ этомъ отношеніи минераломъ является кварцъ.

Малюсъ показывалъ, что свѣтъ поляризуется и *путемъ отраженія*. Если пучекъ  $ab$  падаетъ на черное стеклянное зеркало  $AB$  подъ угломъ въ  $35^\circ 25'$ , то отраженный пучекъ является поляризованнымъ. Въ этомъ легко убѣдиться, пропуская его чрезъ ромбоэдръ (фиг. 386); при этомъ онъ обнаруживаетъ тѣ же свойства, какъ обыкновенный лучъ, вышедшій изъ такого ромбоэдра, главное сѣченіе котораго совпадаетъ съ плоскостью паденія пучка на зеркало. Такимъ образомъ, плоскостью

Въ качествѣ поляризаторовъ и анализаторовъ обыкновенно употребляются сдѣланныя изъ изомалдскаго шпата *призмы Николя* (фиг. 385),—приборы, дающіе возможность разсматривать только необыкновенный лучъ, чѣмъ значительно упрощается наблюденіе.

Если между двумя Николевыми призмами — поляризаторомъ и анализаторомъ — помѣстить *тонкую* кристаллическую пластинку, то изображенія О и Е будутъ окрашены во взаимно-дополнительные цвѣта. Это явленіе, открытое Араго въ 1811 г., известно подъ названіемъ *цветной* (хроматической) *поляризаціи*. Повернувъ поляризаторъ или анализаторъ на  $90^\circ$ , получимъ изображенія О и Е, окрашенные въ цвѣта, дополнительные къ первоначальнымъ. Яркость цвѣтовъ измѣняется въ зависимости отъ угловъ, образуемыхъ главными сѣченіями пластинки съ такими же сѣченіями поляризатора и анализатора: она наибольшая въ томъ случаѣ, когда главные сѣченія пластинки образуютъ съ главными сѣченіями какъ поляризатора, такъ и анализатора уголъ въ  $45^\circ$ . Цвѣтъ окраски зависитъ также и отъ толщины пластинки; поэтому на крайнѣ можно получить



Фиг. 387.—Электромантъ Фарадея. Магнитное вращеніе плоскости поляризаціи свѣта.

ту или иную цвѣтную фигуру, напр., фигуру бабочки или цвѣтка, выдѣлывая пластинку въ соответствующихъ мѣстахъ и на соответствующую, въ различныхъ мѣстахъ различную, глубину.

*Толстыя* пластинки не производятъ описанной окраски.

Вообще говоря, кристаллическая пластинка, вырѣзанная перпендикулярно къ оси, не даетъ цвѣтной поляризаціи, такъ какъ въ этомъ направленіи не происходитъ двойнаго преломленія. Есть, однако, исключенія; такое исключеніе представляетъ, напр., минералъ *кварцъ*. Если между поляризаторомъ и анализаторомъ помѣстить пластинку кварца, вырѣзанную перпендикулярно къ оси кристалла, то получится окрашиваніе, не измѣняющее своей яркости при вращеніи пластинки, мѣняющее цвѣтъ при поворачиваніи анализатора, но никогда не исчезающее и никогда не становящееся бѣлымъ.

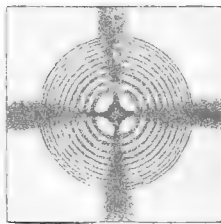
Сначала будемъ производить опытъ съ однороднымъ свѣтомъ. Если поставимъ анализаторъ подъ прямымъ угломъ къ поляризатору (и тотъ, и другой представляютъ собою Николевы призмы), то лучъ изъ прибора не выйдетъ: изображенія на экранѣ не получатся; но если между Николевыми призмами

Равнымъ образомъ получается болѣе или менѣе полная поляризація свѣта и въ томъ случаѣ, если послѣдній многократно отражается и преломляется, проходя черезъ такъ-называемый *стекляный столбикъ*, т.-е. нѣсколько наложенныхъ одна на другую стеклянныхъ пластинокъ. Неполной поляризаціей называется такая, при которой анализаторъ ни въ какомъ положеніи не даетъ исчезновенія испытываемого луча.

будетъ находится пластинка кварца, вырѣзанная перпендикулярно къ кристаллографической оси, то лучъ будетъ выходить изъ прибора, и для погашенія его нужно будетъ повернуть анализаторъ на нѣкоторый уголъ; поэтому кварцу приписываютъ особую способность—*вращать плоскость поляризации* падающаго луча. Такою способностью, замѣченной впервые Араго въ 1811 г., обладаютъ, кромѣ кварца, многія твердыя, жидкія и даже газообразныя тѣла. *Вращательная способность* зависитъ отъ природы вещества, отъ толщины проходящаго свѣтомъ слоя и, наконецъ, отъ того, какого цвѣта лучи проходятъ чрезъ это вещество\*).



Случай взаимной параллельности главныхъ січей поляризатора и анализатора.

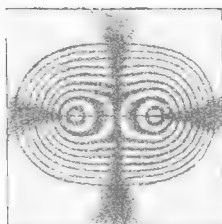


Случай взаимной перпендикулярности главныхъ січей поляризатора и анализатора.

Фиг. 388.—Цвѣтныя кольца, получаемыя при прохожденіи сходящихся лучей поляризованнаго свѣта чрезъ тонкую пластинку, вырѣзанную изъ однооснаго кристалла перпендикулярно къ оси.

Одни тѣла вращаютъ плоскость поляризации *влево* отъ наблюдателя, вопринимающаго свѣтовой лучъ по выходѣ послѣдняго изъ анализатора, между тѣмъ какъ другія отклоняютъ эту плоскость *вправо*.

Если будемъ производить опыты со сложнымъ свѣтомъ, напр., со свѣтомъ солнечнымъ, свѣтомъ отъ лампы и т. п., то замѣтимъ, что при различ-



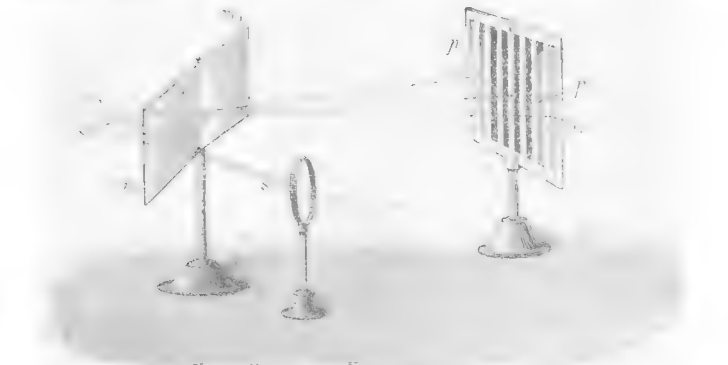
Фиг. 389. Цвѣтная поляризация въ случаѣ пластинки, вырѣзанной изъ неодноснаго кристалла.

ныхъ положеніяхъ поляризатора исчезаютъ различные лучи, такъ какъ для каждаго цвѣта существуетъ свой уголъ вращенія плоскости поляризаціи; въ

\*) Прозрачныя тѣла, какъ стекло, напр., не обладаютъ вращательной способностью. Однако, тѣ же тѣла, напр., кубъ изъ флинтгласса, пріобрѣтаютъ эту способность, если въ томъ пространствѣ, въ которомъ находится подобное тѣло, пронести магнитное поле (фиг. 387), причемъ способность эта тѣмъ больше, чѣмъ многочисленнѣе силовыя линіи и чѣмъ направленіе послѣднихъ ближе къ направленію падающаго луча. На упомянутой фигурѣ источникъ свѣта помѣщается въ L, поляризаторъ въ P, а анализаторъ въ R. Явленіе *магнитнаго вращенія плоскости поляризации* было замѣчено Фарадеемъ въ 1845 г., при его изслѣдованіяхъ надъ связью между свѣтомъ и электричествомъ. Въ различной степени указанная способность сообщается магнитнымъ полемъ всѣмъ безъ исключенія тѣламъ.

частности, при исчезновении желтыхъ лучей получается сѣровато-красная или пурпурная окраска, известная подъ названіемъ *чувствительной окраски*, такъ какъ при малѣйшемъ поворотѣ анализатора въ ту или другую сторону эта окраска переходитъ въ голубую или красную. Этой-то окраской и пользуются для опредѣленія вращательной способности того или иного вещества, когда опредѣленіе производится при помощи неоднороднаго поляризованнаго свѣта.

Въ томъ случаѣ, когда на кристаллическую пластинку падаютъ не параллельные, а *сходящіеся* лучи, явленіе цвѣтной поляризаціи получаетъ уже иной характеръ: тутъ мы наблюдаемъ *цвѣтныя кольца*, перерѣзанныя черными или бѣлыми, смотря по положенію анализатора, крестомъ (фиг. 388). Пластинки, вырѣзанныя изъ неоднородныхъ кристалловъ, даютъ еще болѣе сложныя фигуры (фиг. 389). Указанія явленія играютъ весьма важную роль въ минералогіи.



Фиг. 390.—Интерференція свѣта. Опытъ Френеля съ двумя зеркалами.

Ангійскій астрономъ Эйри, стараясь уничтожить дѣйствіе правой кварцевой пластинки противоположнымъ дѣйствіемъ лѣвой пластинки кварца, замѣтилъ слѣдующее любопытное явленіе: изъ центра колецъ, гдѣ дѣйствія обѣихъ пластинокъ дѣйствительно взаимно уничтожились, выходили *спирали*, направленные *справа* или *слева*, смотря по тому, была ли пластинка, обращенная къ анализатору, *левой* или *правой*; спирали эти пересѣкаютъ крестъ по двумъ перпендикулярнымъ другъ къ другу діаметрамъ.

Теперь вернемся къ изученію не поляризованнаго свѣта. Прежде всего, отмѣтимъ тотъ важный фактъ, что *прибавленіе свѣта къ свѣту можетъ производить темноту*. Повторяя относящійся сюда опытъ Френеля, возьмемъ два зеркала *m* и *n*, наклоненныя одно къ другому подъ угломъ, близкимъ къ  $180^\circ$  (фиг. 390), и заставимъ падать на нихъ сперва однородные, монокимъ, красные лучи изъ источника *S*. Изъ отраженій отъ обѣихъ зеркалъ лучи въ пространствѣ *mn* будутъ наложены одинъ на другіе, а между тѣмъ на экранѣ въ этомъ пространствѣ мы будемъ видѣть рядъ красныхъ полосъ, раздѣленныхъ черными промежутками, идущими приблизительно параллельно линіи пересѣченія обѣихъ зеркалъ. Если вмѣсто источника *S* будемъ брать лучи иной преломляемости, то убѣ-

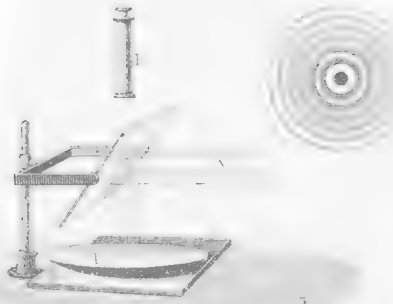


Фиг. 391.—Интерференція свѣта. Дѣйствіе взаимнаго дѣйствія лучей, идущихъ изъ двухъ источниковъ— $S_1$  и  $S_2$ , представляющихъ дѣйствительныя изображенія источника *S* въ двухъ положеніяхъ двойной щели чечевицы.

димся, что тѣмъ болѣе преломляемы взятыя лучи, тѣмъ уже отдѣльныя полоски, и тѣмъ, слѣдовательно, ихъ больше содержится въ углѣ  $n_1 \sin \alpha$ , т.-е. ихъ меньше всего при красныхъ и больше всего при фіолетовыхъ лучахъ. Срединная полоса  $S$  во всѣхъ случаяхъ представляется свѣтлою. Очевидно, въ описанномъ опытѣ все происходитъ такъ, какъ еслибы свѣтъ шелъ отъ источниковъ  $S_1$  и  $S_2$  — мнимыхъ изображеній источника  $S$ .

Ясно, что бѣлый свѣтъ долженъ при этомъ опытѣ раздѣляться, причемъ срединная полоса должна представляться бѣлою.

Если вмѣсто зеркалъ взять двѣ половины чечевицы, то источники  $S_1$  и  $S_2$  отдѣлятся дѣйствительными (фиг. 391), и явленіе будетъ носить совершенно тотъ же характеръ. Если же къ двумъ первоначально взятымъ зеркаламъ прибавить еще третье  $m_3$ , расположенное такимъ образомъ, чтобы однородный пучекъ, отраженный отъ  $m_1$ , прежде чѣмъ слиться съ пучкомъ, отраженнымъ отъ  $m_2$ , вторично отразился отъ  $m_3$ , но такъ, однако, чтобы путь, имъ проходимый, былъ не длиннѣе, чѣмъ безъ этого второго отраженія, то явленіе получается въ обратномъ видѣ: тамъ, гдѣ раньше были свѣтлыя полосы, теперь находятся темныя, и наоборотъ.



Фиг. 392.—Ньютоныя цвѣтныя кольца при наклоненіи зеркала подъ угломъ въ  $45^\circ$ .

Для того, чтобы получить круговыя полоски, нужно поступить такъ, какъ поступалъ Ньютонъ. На зеркало безъ подкладки, наклоненное подъ угломъ въ  $45^\circ$  (фиг. 392), направляютъ однородный пучекъ параллельныхъ лучей  $A$ , который, по отраженіи отъ этого зеркала, вновь отражается отъ другой системы, состоящей изъ стеклянной пластинки  $P$  и лежащей подъ ней чечевицы  $L$ . Наблюдатель рассматривающій эти вторично-отраженные лучи въ трубку  $L'$ , видитъ рядъ одноцвѣтныхъ колецъ.

Квадраты диаметровъ черныхъ полосъ относятся между собой, какъ рядъ четныхъ чиселъ: 0, 2, 4, 9..., а свѣтлыхъ, — какъ рядъ нечетныхъ чиселъ: 1, 3, 5, 7... Точно такъ же относятся между собою толщины слоя, заключеннаго между  $L$  и  $P$ .

Такъ какъ, чѣмъ болѣе преломляемы лучи, тѣмъ тѣснѣе располагаются кольца вокругъ центра, то бѣлый, т.-е. сложный, свѣтъ, очевидно, долженъ разсѣиваться: цвѣта должны получаться раздѣльно.

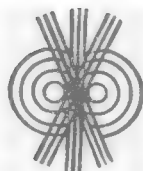
Чѣмъ болѣе преломляющей силою обладаетъ прозрачный слой, заключенный между пластинкой  $P$  и чечевицей, тѣмъ шире кольца: квадраты ихъ диаметровъ находятся въ обратномъ отношеніи къ показателю преломленія этого слоя. Законы цвѣтныхъ колецъ установлены Ньютономъ, который произвелъ всѣ относящіяся сюда измѣренія простыми циркулемъ.

Кольца, получающіяся путемъ преломленія свѣта, представляются окрашенными въ цвѣта, дополнительныя относительно колецъ, наблюдаемыхъ при

отраженіи. Это явленіе сходно съ обращеніемъ цвѣтныхъ полосъ, наблюдаемыхъ помощью отраженія отъ двухъ зеркалъ, происходящимъ въ томъ случаѣ, если заставить одинъ изъ пучковъ отразиться не разъ, а два раза.

Только-что описанные явленія называются *явленіями интерференціи свѣта*. Для полученія подобныхъ явленій всегда необходимо наложеніе другъ на друга двухъ пучковъ лучей; при исключеніи одного изъ нихъ, напр., пучка, отраженного отъ  $m$ , въ опытѣ съ двумя зеркалами, полосы исчезаютъ. Обыкновенно такіе полосы принимаются на матовое стекло и рассматриваются при помощи лупы Френеля, т.-е. лупы, снабженной ѳткомъ.

Юнгъ указалъ, что, если на пластинку съ двумя отверстіями принять пучекъ солнечныхъ лучей, предварительно прошедшій чрезъ отверстіе, то получатся два ряда радужныхъ концентрическихъ окружностей (фиг. 393), отдѣленныхъ одинъ отъ другого нѣсколькими прямолинейными полосками. Если желаютъ устранить радужные отбѣски, то помѣщаютъ какое нибудь одноцвѣтное стекло. Закрывая одно изъ двухъ отверстій, уничтожаемъ прямолинейныя полоски вместе съ однимъ рядомъ окружностей; отсюда слѣдуетъ, что для появленія полосокъ необходимы два отверстія, или, лучше сказать, два проходящихъ чрезъ нихъ пучка, между тѣмъ какъ рядъ окружностей производится каждымъ отверстіемъ, независимо отъ другого отверстія: полосы зависятъ отъ интерференціи въ собственномъ смыслѣ слова, окружности же отъ особаго явленія, названнаго подъ названіемъ *диффракціи*, или *уклоненія свѣта*.



Диффракціонныя полосы являются всякій разъ, когда для свободного распространенія свѣта является какое-нибудь препятствіе—въ видѣ края экрана, боковъ узкой щели, ватинутого волоса и т. п.; такъ, напр., тѣнь отъ волоса состоитъ изъ срсенной свѣтлой полоски, по бокамъ которой замѣчаются чередующіяся между собой свѣтлыя и темныя полосы.

Фиг. 393. — Полосы и окружности въ опытѣ Юнга съ двумя отверстіями. Интерференція рядомъ съ диффракціей.

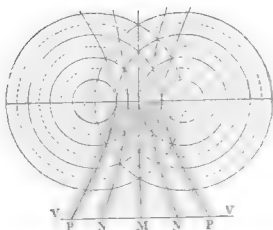
Объясненіе указаннымъ явленіямъ даетъ теорія волнообразнаго движенія. Въ своемъ мѣстѣ было указано, что звукъ производится періодическими колебаніями матеріальныхъ частичекъ, — колебаніями, распространяющимися въ средѣ, подобной воздуху, шаровыми (сферическими) между собой волнами. Если  $\lambda$  есть длина волны рассматриваемаго звука, то, какъ мы видѣли на стр. 46, воздухъ, окружающій колеблющуюся точку Р на протяженіи полуволны  $-\frac{\lambda}{2}$ , попеременно то сгущается, то разрѣживается, причѣмъ состояніе сгущенія или разрѣженія длится половину періода; въ случаѣ поперечныхъ колебаній мы имѣемъ поперечныя поднятія и опущенія частичекъ, длѣящихся столько же времени (фиг. 45); при колебаніи той или иной среды *два частицы, отдаленныя одна отъ другой разстояніемъ, равнымъ четному числу полуволнъ, движутся въ каждый моментъ съ одинаковой скоростью и въ одну и ту же сторону; частицы же, разстоянія между которыми равно нечетному числу полуволнъ, движутся также съ одинаковой скоростью, но въ противоположныя стороны* \*). Отсюда слѣдуетъ, что частица  $p$  (фиг. 390), помѣщающаяся на разстояніяхъ  $S_1p$  и  $S_2p$  отъ двухъ вибрирующихъ въ унисонъ точекъ  $S_1$  и  $S_2$ , вынуждается двигаться впередъ въ противоположныя стороны въ томъ случаѣ, если разность между разстояніями  $S_1p$  и  $S_2p$  равна нечетному числу полуволнъ; другими словами, частица  $p$  должна оставаться въ покоѣ. Если же разность путей  $S_1p$  и  $S_2p$  равна четному числу полуволнъ, то оба колебанія, напротивъ, складываются на частицѣ  $p$ , такъ что послѣдняя получаетъ свое максимальное движеніе. Эти-то явленія—

\*) Чрезвычайно важное значеніе этого принципа показавши англійскій физикъ Томасъ Юнгъ (род. въ 1773 г., ум. въ 1829 г.) и французскій ученый Френель (род. въ 1788 г., ум. въ 1827 г.).

ослабление и наоборот усиление колебательнаго движенія — называются *интерференціей* \*).

Предположимъ, что и свѣтъ есть результатъ періодическаго колебательнаго движенія, распространяющагося, подобно звуку, волнообразно съ постоянною скоростью, благодаря существованію разлитой въ мировомъ пространствѣ безконечно тонкой среды, известной подъ названіемъ *эфира*. Тогда легко будетъ объяснить себѣ полосы интерференціи. Примѣняя рассужденіе, сходное съ предъ-

\*) На фигурѣ 394 изображены два ряда concentрическихъ волнъ, исходящія изъ двухъ точекъ, колеблющихся въ унисонъ, иначе — изъ двухъ синхроничныхъ источниковъ колебаній. Радиусы волнъ равны:  $\frac{\lambda}{2}$ ,  $\frac{2\lambda}{2}$ ,  $\frac{3\lambda}{2}$ , ... Волны, радиусы которыхъ равны нечетному числу полувольтъ, или



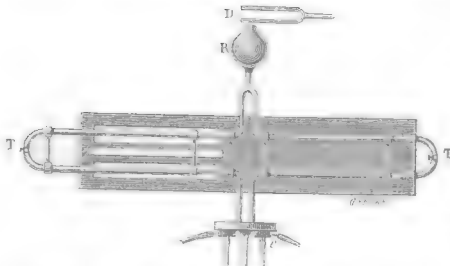
Фиг. 394.—Усиление колебаній въ мѣстахъ встрѣчи одноименныхъ волнъ. Уничтоженіе колебаній въ мѣстахъ встрѣчи разноименныхъ волнъ.

какъ говорятъ, *нечетными* обозначены пунктиромъ; тѣ же, которыя имѣютъ радиусомъ четное число полувольтъ — *четными* волны — начерчены непрерывными линіями. Тамъ, гдѣ встрѣчаются между собою двѣ одноименныя волны, т.е. гдѣ разность пройденныхъ путей равна четному числу полувольтъ, колебанія, очевидно, складываются, получается усиленіе движенія; такіа мѣста называютъ *воздутіями колебаній*, или *полосами наибольшаго перемѣщенія*. Въ точкахъ же встрѣчи двухъ разноименныхъ волнъ, гдѣ разность хода, т.е. разность радиусовъ этихъ волнъ, равна нечетному числу полувольтъ, колебанія, наоборотъ, вычитаются. Этого рода мѣста называются *узлами колебаній*, или *полосами наименьшаго перемѣщенія*. Вздутія обозначены на фигурѣ заштрихованными кривыми, промежутки между которыми представляютъ собою узлы. Различныя системы полосъ воспринимаются нашимъ органомъ чувствъ различными образомъ, въ зависимости отъ величины періода колебанія синхроничныхъ источниковъ и отъ природы колеблющейся среды. Исходя изъ такого возрѣнія, выражаютъ законы *интерференціи* слѣдующимъ образомъ:

*Встрѣча двухъ одноименныхъ волнъ производитъ максимальное колебаніе.*

*Встрѣча двухъ разноименныхъ волнъ даетъ, напротивъ, минимальное колебаніе.*

Для звука то и другое легко доказать непосредственнымъ опытомъ. Звукъ, издаваемый камертономъ D надъ резонаторомъ R (фиг. 395), распространяется дѣль по трубамъ T и T', и при



Фиг. 395.—Аппаратъ Кёнига для наблюденія интерференціи (усиленія и ослабленія) звуковыхъ волнъ

выходѣ изъ аппарата воздушныя колебанія той и другой трубы складываются, сливаются между собою. Выдвигая трубу T на ту или иную длину, получаютъ соответствующимъ образомъ и разность путей, проходящихъ колебаніями, исходящими въ обѣ стороны изъ резонатора R. Если, при этомъ, разность хода колебаній, идущихъ по трубамъ T и T', сдѣлается равною четному числу полувольтъ того звука, который издаетъ камертонъ D, то у выхода получится максимальное колебаніе; напротивъ, перемѣщеніе воздушныхъ частицъ будетъ равно нулю, каждый разъ, когда разность хода T'-T будетъ равна нечетному числу полувольтъ упомянутаго звука. Убѣдиться въ сказанномъ можно, или прикладывая выходящую трубку къ уху, или

устроивъ, при помощи ея, макетрическую капсулу Кенни (см. стр. 155). Такимъ путемъ можно опредѣлить длину волнъ даннаго звука, а черезъ это и скорость, если известенъ его періодъ.

Замѣтимъ, что звукъ отражается по тому же закону, какъ и свѣтъ. Если, напр., расположить друга противъ друга два сферическія зеркала (фиг. 396), то ясно слышно тиканье часовъ, помѣщенныхъ въ фокусъ одного изъ зеркалъ, А (на рисункѣ здѣсь изображена корзинка), если приложить ухо къ фокусу другого зеркала. Это есть не что иное, какъ отраженіе звуковыхъ волнъ отъ тѣхъ или нѣхъ преградъ.

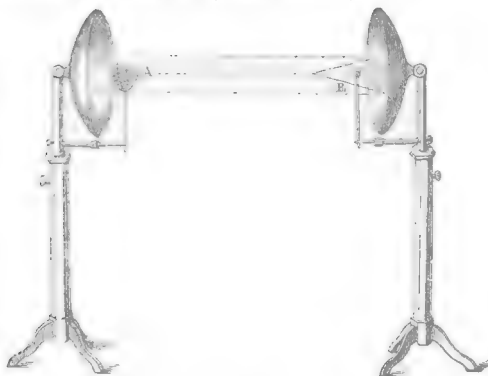
Саварь и Зеебекъ показали, что первичныя (прямыя) волны интерферируютъ съ волнами, отраженными, напр., вертикальной стѣной. Минимое изображеніе звуковаго источника образуется, какъ



идущимъ, мы приходимъ къ заключенію, что въ опытѣ съ двумя зеркалами темныя полосы получаются на экранѣ во всѣхъ тѣхъ мѣстахъ  $p$ —, гдѣ разность расстояній  $S_1p$  и  $S_2p$  равна нечетному числу полуволнъ, исходящихъ изъ источниковъ  $S_1$  и  $S_2$ —, гдѣ, употребляя краткое выраженіе:  $S_1p - S_2p = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$ ; *смысла же полосы являются въ мѣстахъ  $p'$  гдѣ  $S_1p' - S_2p' = 2n\frac{\lambda}{2}$ .* Въ серединныхъ точкахъ  $C$  разность путей  $S_1C$  и  $S_2C$  равна нулю, а потому здѣсь должна находиться свѣтлая полоска, каковъ бы ни былъ періодъ колебаній у  $S_1$  и  $S_2$ .

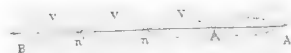
Если, для примѣра, взять десятую свѣтлую полоску, считая отъ срединной, то она отдѣляется отъ послѣдней разстояніемъ  $S_1p - S_2p = 20\frac{\lambda}{2}$ . Такъ какъ, съ другой стороны, длину  $Cp$  можно, при помощи луны Френеля, выразить въ сантиметрахъ или доляхъ сантиметра, то очевидно, есть возможность измѣрить и  $\lambda$ , т.-е. длину волны того свѣта, который выходитъ изъ точки  $S$ .

въ случаѣ свѣта, за стѣной, въ точкѣ, симметричной источнику, по отношенію къ стѣнѣ: это изображение является мнимымъ центромъ отраженныхъ волнъ. Рассматривая источникъ и его изображение, колеблющіеся синхронно, какъ центры, откуда исходятъ два ряда concentрическихъ волнъ, можно, основываясь на законахъ интерференціи, рассчитать, гдѣ получатся узлы и впадины, причемъ однако-же, результаты вычислений только тогда будутъ согласны съ результатами непосредственнаго опыта, когда къ радиусу отраженной волны будемъ прибавлять длину полуволнъ; эта прибавленная полуволна показываетъ, что мы имѣемъ дѣло съ отраженными волнами, а не съ волнами, непосредственно выходящими изъ звукового источника.



Фиг. 396.—Опытъ съ двумя сферическими зеркалами. Отраженіе звуковыхъ волнъ.

Изъ тѣхъ же законовъ интерференціи становится понятно, почему закрытая труба обладаетъ способностью издавать извѣстный звукъ лишь въ томъ случаѣ, если длина ея равна нечетному числу четвертей волнъ ( $\frac{\lambda}{4}$ ) этого звука между тѣмъ какъ трубы, открытыя на обоихъ концахъ, издаютъ такіе звуки, четверть волны которыхъ содержится въ длинѣ трубы четное число разъ. Взаимное уничтоженіе въ извѣстныхъ точкахъ волнъ падающихъ и волнъ, отраженныхъ отъ противоположнаго конца трубы, есть причина появляющихся здѣсь узловъ, находящихся однихъ отъ другого на разстояніи полуволнъ, и впадинъ, дѣлящихъ промежутки между двумя смежными узлами. Бѣтъ такого раздѣленія труба не звукала бы.



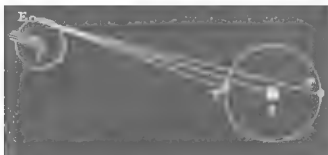
Фиг. 397.—Узлы и впадины на дрожащей струнѣ, укрѣпленной на обоихъ концахъ.

Подобнымъ уничтоженіемъ колебаній въ соответствующихъ мѣстахъ объясняются и неподвижныя точки, узлы у дрожащихъ струнъ; наоборотъ, въ мѣстахъ впадинъ перемѣщеніе является наибольшимъ (фиг. 397).

Обозначая черезъ  $V$  скорость свѣта въ той средѣ, гдѣ распространяются его волны и для которой вычислена длина  $\lambda$  \*), найдемъ періодъ колебанія у свѣтащейся точки  $S$  изъ формулы  $\lambda = VT$ . Для срединъ лучей спектра  $\lambda$ , т. е. длина волны въ пустотѣ, равна 0,0005 милл., а такъ какъ  $V = 30000000$  километр., то періодъ  $T = \frac{1}{V} \times \frac{\lambda}{1000000000000000}$ , а число колебаній въ секунду (высота), т. е.  $\frac{1}{T}$  равно 600 билліонамъ. Въ то время, какъ осязаніемъ воспринимается 100, а слухомъ 100000 колебаній въ секунду, глаза воспринимаются еще 800 билліоновъ колебаній въ секунду. Опытъ показываетъ, что колебанія того или иного источника  $S$  остаются тождественными въ теченіе весьма многихъ періодовъ.

\*) Долгое время считали, что свѣтъ изъ одной точки въ другую распространяется мгновенно. Рёмеръ первый въ 1675, въ Парижской обсерваторіи, произвелъ приблизительное опредѣленіе, скорости свѣта. Вотъ употребленный имъ простой способъ. Пусть  $S$  (фиг. 398) есть солнце,  $T$  земля на своей орбитѣ, и  $J$  — Юпитеръ. Если въ то время, когда земля находится въ  $T$  (при противостояніи Юпитера съ солнцемъ), мы будемъ замѣчать моменты выходной перваго спутника  $E$  Юпитера изъ тѣни, отбрасываемой этой планетой, то убѣдимся, что эти моменты постоянно слѣдуютъ одинъ за другимъ черезъ промежутки въ 41 часъ 30 минутъ. Такимъ образомъ, хронометръ, поставленный такъ, чтобы стрѣлка его въ промежутокъ времени въ 41 ч. 30 м. подвинулась впередъ на одно дѣленіе; будетъ въ точности показывать моменты послѣдовательныхъ выходной спутника  $E$  изъ тѣни Юпитера. По мѣрѣ того, какъ земля приближается къ  $T'$  (при положеніи земли въ  $T'$  Юпитеръ, по отношенію къ намъ, находится въ соединеніи съ солнцемъ), моменты послѣдовательныхъ выходной изъ тѣни все болѣе и болѣе опаздываютъ противъ показаній хронометра. Въ  $T'$  эта разница дѣлается равной 986 секундамъ, вѣтъъ она все болѣе и болѣе уменьшается, и когда земля приходитъ въ  $T$ , хронометръ снова даетъ согласныя съ дѣйствительностью показанія. Эти явленія Рёмеръ объяснилъ тѣмъ, что свѣтъ распространяется не мгновенно, а съ нѣкоторою малюю скоростью: свѣтъ приходитъ въ  $T'$  на 986 секундъ позже, чѣмъ въ  $T$ , потому, что именно такой промежутокъ времени ему нуженъ для прохожденія расстоянія  $TT'$ , т. е. земной орбиты, равной приблизительно 30 милліонамъ километровъ (около 288 милліоновъ верстъ); отсюда слѣдуетъ, что въ одну секунду свѣтъ пробѣгаетъ около 330000 километровъ (268000 верстъ).

Въ 1726 г. Брайдей при изслѣдованіи причины астрономической аберраціи вычислилъ скорость свѣта приблизительно такою же, какъ Рёмеръ. Такимъ образомъ оказалось, что свѣтъ распространяется въ милліонъ разъ быстрее звука, — въ теченіе одной секунды онъ можетъ обойти всю землю восемь разъ.



Фиг. 398. — Опредѣленіе (Рёмеромъ) скорости распространенія свѣта путемъ наблюденія затмѣній или выходной изъ тѣни перваго спутника Юпитера.

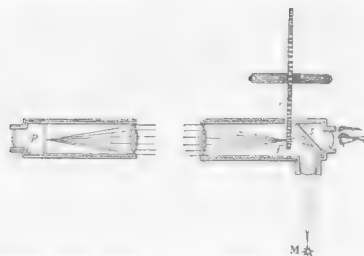
Только въ 1849 г. французскій ученый Физо измѣрилъ скорость свѣта не астрономическимъ, а чисто физическимъ путемъ. Въ Сиеренъ (фиг. 399) ахроматическая чечевица въ сочетаніи съ зеркаломъ  $z$ , безъ подложки, наклоненнымъ подъ угломъ въ  $45^\circ$ , давала въ  $f$  изображеніе ярко-освѣщеннаго отверстія  $M$ . Съ точкою  $f$  совпадалъ фокусъ другой чечевицы, которая сообщала выходящимъ отсюда лучамъ направленіе, параллельное ея главной оптической оси, и посылала ихъ къ опредѣленному пункту въ Монмартрѣ (отстоящему на 8633 метра), откуда они, отразившись отъ зеркала, возвращались обратно въ Сиеренъ. Часть отраженныхъ лучей, проходя по возвращеніи, черезъ зеркальное стекло  $z$ , позволяла наблюдателю видѣть свѣтящуюся точку  $f$ . За зеркаломъ въ Сиеренѣ было расположено вертикальное зубчатое колесо (у котораго ширина промежутковъ была одинакова съ шириною зубцовъ), такимъ образомъ, что изображеніе  $f$  получалось какъ разъ на зубчатой части поверхности колеса. Если это колесо привести во вращательное движеніе, то мы будемъ видѣть поочередно то свѣтящуюся точку  $f$  — черезъ пустые промежутки колеса, — то зубцы, закрывающіе эту точку. При достаточно большой скорости вращенія изчезаютъ отъ зубцовъ и пустыхъ промежутковъ слитыются между собою, такъ что зубчатый край колеса кажется окруженнымъ какъ бы сфрзоватымъ поясомъ; съ другой стороны, вслѣдствіе слабія впечатлѣній, получающихся на свѣтотѣтъ отъ слѣдующихъ другъ за другомъ прохожденій пустыхъ промежутковъ передъ точкою  $f$ ,

Ньютоновы кольца точно также объясняются *разностью хода лучей*, идущихъ вмѣстѣ послѣ отраженія — одни отъ пластинки Р, другіе отъ слоя воздуха, смежнаго съ нижней поверхностью чечевицы; разность хода тѣхъ и

эта послѣдняя не перестаетъ быть видима наблюдателю. Но если скорость вращенія колеса сдѣлается настолько велика, что за время прохожденія свѣта изъ М въ Монкертъ и обратно, т. е. разстоянія въ 17266 метровъ, успеетъ произойти какъ разъ только одна свѣта промежутокъ зубцовъ передъ свѣтящейся точкою  $f$ , то возвращающійся лучъ, очевидно, будетъ перегибать зубцовъ, и точка  $f$  сдѣлается на этотъ моментъ невидимой, произойдетъ *первое исчезновеніе* ея. Опредѣливъ, на основаніи скорости вращенія колеса, показываемой счетчикомъ оборотовъ, величину того промежутка времени, какой требуется для одной свѣтной промежутокъ зубцовъ, мы этимъ самымъ узнаемъ скорость распространенія свѣта, такъ какъ за этотъ промежутокъ свѣтъ успеетъ пройти 17266 метровъ. Указаннымъ способомъ Физо нашелъ скорость свѣта равную 316000 километровъ въ секунду.

Если колесо будетъ вращаться вдвое быстрее, тѣмъ при первомъ исчезновеніи, то свѣтящаяся точка  $f$  вновь сдѣлается видимой для того, чтобы опять исчезнуть при тройной скорости, и т. д. Сопоставляя цѣлый рядъ величинъ, полученныхъ для скорости свѣта изъ наблюденій надъ подобными исчезновеніями, принадлежащихъ къ разному порядку (т. е. получавшихся при двойной, тройной и т. д. скорости вращенія), вѣдь возможность выбрать среднюю, болѣе точную, величину.

Въ 1871—4 гг. опыты Физо повторены были Корню, который стремился вычислить съ болѣею точностью скорость вращенія колеса въ каждый моментъ. Для этой цѣли на линіи, изобра-



Фиг. 399.—Физическій методъ Физо, для опредѣленія скорости распространенія свѣта.

жавшей вращеніе, начало и конецъ каждого оборота автоматически отмѣчались чертою, такъ что промежуткомъ между двумя такими чертами и представлялъ одинъ оборотъ; рядомъ съ этой линіей записывались секунды и десятныя доли секундъ. Такимъ образомъ, при каждомъ исчезновеніи скорость вращенія была точно извѣстна. Въ опытѣхъ, произведенныхъ между Политехнической школой и Монъ-Валерианомъ (разстояніе между ними—10310 метровъ) Корню доходилъ до десятого исчезновенія. При этомъ скорость свѣта была найдена равной 298500 километрамъ. Между пунктами Монери и Обсерваторіи (разстояніе 22910 метровъ) онъ получалъ двадцать одно исчезновеніе и опредѣлялъ скорость свѣта въ 300400 километровъ.

По совѣту Араго, Фуко въ 1880 г. опредѣлялъ скорость свѣта, пользуясь разстояніемъ всего лишь въ нѣсколько метровъ. Принципъ употребленнаго имъ способа состоитъ въ слѣдующемъ. Свѣтовой лучъ навѣсляютъ падать сперва на плоское зеркало, потомъ на сферическое, центръ котораго лежитъ на оси вращенія плоскаго зеркала. Если за то время, за которое свѣтъ прошелъ длину двойного радіуса сферическаго зеркала, плоское успѣло повернуться на нѣкоторый уголъ, то оно отразитъ возвратный лучъ по такому направленію, которое съ падающимъ лучемъ образуетъ уголъ, вдвое большій угла поворота. Опредѣливъ этотъ уголъ, радіусъ сферическаго зеркала и скорость вращенія плоскаго зеркала, непосредственно затѣмъ вычисляютъ скорость свѣта. Фуко нашелъ послѣднюю равной 298000 километровъ.

Работая по тому же способу, но значительно увеличивъ разстояніе, проходное лучемъ до его возвращенія за плоское зеркало, американскій ученый Майкельсонъ получилъ для скорости свѣта: въ 1879 г. 299910 кило. и въ 1882 г. 299863 кило. Съ своей стороны, Ньюкомъ въ 1882 г. опредѣлялъ эту скорость въ 299860 километровъ.

Заставляя лучъ пройти, на своемъ двойномъ пути, трубку съ водой, Фуко показалъ, что свѣтъ распространяется въ водѣ съ меньшей скоростью, чѣмъ въ воздухѣ, что согласно съ современной теоріей волнообразнаго движенія и противорѣчитъ старой теоріи истеченія свѣтовыхъ частицъ изъ свѣтящихся тѣлъ. По теоріи волнообразнаго движенія, скорость распространенія свѣта въ данной средѣ зависитъ отъ показателя преломленія этой среды; вообще, эта скорость въ той или иной прозрачной средѣ есть частное отъ дѣленія скорости свѣта въ пустотѣ на показатель преломленія среды по отношенію къ пустотѣ.

другихъ лучей равна двойной толщинѣ слоя воздуха, заключеннаго между двумя отражающими точками; вездѣ, гдѣ эта толщина равна  $(2m+1)\frac{\lambda}{2}$ , получается взаимное уничтоженіе колебаній; наоборотъ тамъ, гдѣ она равна  $2m\frac{\lambda}{2}$  полоска имѣетъ свою наибольшую яркость. Однако, для того, чтобы исполнѣ объяснить себѣ подобное явленіе, необходимо хода прибавить еще пополюну въ томъ случаѣ, если лучъ отражается отъ среды, болѣе плотной, нежели та, которую онъ проходитъ до отраженія,—еще одна сходная черта между свѣтовыми явленіями и явленіями звуковыми: и при объясненіи послѣднихъ, какъ помнитъ читатель, требуется та же прибавка пополюны, для того, чтобы согласовать указываемыя теоріей положенія узловъ и вадутій, являющихся резултатомъ встрѣчи подающихъ и отраженныхъ волнъ, съ тѣми положеніями, которыя даетъ непосредственный опытъ. При помощи такихъ колецъ легко опредѣлить длину волны производящихъ ихъ лучей.

Характеръ явленій *диффракціи* точно также можетъ быть опредѣленъ напередѣ въ каждомъ данномъ случаѣ, если (какъ дѣлалъ Гюйгенсъ) вмѣсто источника  $S$  взять одну изъ его волнъ и, какъ учить Френель, расчитать дѣйствіе, производимое на данную точку экрана (лежащую наружи отъ волны), какъ еслибы каждый элементъ волны представлялъ собою источникъ колебаній съ такимъ же періодомъ, какъ  $S$  \*).

Симметричность обнаруживаемую *поляризованнымъ* лучемъ по отношенію къ своей плоскости поляризаціи и къ плоскости, ей перпендикулярной, объясняютъ такъ, что колебанія эфиря представляютъ себѣ *прямолинейными и поперечными*, т.-е. совершающимися перпендикулярно къ тому направленію, по которому они распространяются; предполагаютъ, что для обыкновеннаго луча они совершаются перпендикулярно къ главному сѣченію поляризатора, а для необыкновеннаго—параллельно этому сѣченію. Такимъ образомъ, *поляризаторъ пропускаетъ только колебанія, перпендикулярныя или параллельныя плоскости его главному сеченію*. Но такъ какъ анализаторъ ничѣмъ, въ сущности, не отличается отъ поляризатора, то, если его главное сѣченіе будетъ параллельно такому же сѣченію поляризатора, онъ не будетъ пропускать колебаній его обыкновеннаго луча, необыкновенный же лучъ будетъ проходить свободно; обратное наблюдается въ томъ случаѣ, когда главные сѣченія поляризатора и анализатора взаимно-перпендикулярны. Въ промежуточныхъ положеніяхъ преобладаетъ или обыкновенный лучъ,—когда уголъ между главными сѣченіями обоихъ ромбейдровъ больше  $45^\circ$ ,—или лучъ необыкновенный—въ противномъ случаѣ; при углѣ въ  $45^\circ$  оба луча имѣютъ одинаковую яркость, т.-е. проходятъ въ одинаковой мѣрѣ.

Цвѣтная поляризація параллельныхъ лучей объясняется слѣдующимъ образомъ. Прямолинейное колебаніе, наприм., обыкновеннаго луча, выходящаго изъ поляризатора, разлагается кристаллической пластинкой на два колебанія,

\*) Весьма важнымъ въ практическомъ отношеніи является тотъ случай диффракціи, когда лучекъ параллельныхъ (прошедшихъ черезъ коллиматоръ) лучей бросаютъ на стеклянную пластинку, на которой вырѣзаны алмазомъ множество тонкихъ и тѣсно расположенныхъ непрозрачныхъ чертъ (такая пластинка называется *сеткою*). Если на пластинку падаютъ солнечные лучи, то они раздѣляются, и въ обѣ стороны отъ направленія падающаго луча на пластинкѣ симметрично располагаются спектры, все болѣе и болѣе наклоняющіеся другъ на друга по мѣрѣ того, какъ они удаляются отъ упомянутаго направленія. Здѣсь естественный цвѣтъ отклоняется наименѣе, между тѣмъ какъ въ спектрахъ, получаемыхъ помощью призмъ, этотъ цвѣтъ есть наиболѣе отклоняемый; кромѣ того, въ то время какъ спектры, наблюдаемые черезъ призмы изъ различныхъ веществъ, не могутъ быть сравняваемы между собой, спектры, получающіеся на сѣткахъ являютъ независимы отъ вещества, изъ котораго сдѣлана пластинка: величина этихъ спектровъ и распредѣленіе въ нихъ различныхъ цвѣтныхъ лучей зависитъ единственно отъ промежутка, занятаго чертою и слѣдующей за ней прозрачной частью; поэтому подобные спектры называются *нормальными*. При помощи такихъ-то спектровъ опредѣляютъ длину волны всякаго видимаго или невидимаго луча. Подобно сѣткамъ могутъ служить и металлическія зеркала, на которыхъ вырѣзаны рядъ непрозрачныхъ чертъ. Крылья у ульотарныхъ насекомыхъ имѣютъ на себѣ полоски, и потому играютъ роль оптическихъ сѣтокъ, благодаря которымъ насекомое кажется намъ окрашеннымъ въ великолѣпные радужные цвѣта. Есть и такіа сѣткы, окраска которыхъ, подобно окраскѣ мыльныхъ пѣнурей, зависитъ отъ явленія интерференціи.

направленныя по главнымъ сѣченіямъ пластинки. Эти колебанія проходятъ пластинку съ одинаковою скоростью и, вновь соединяясь по выходѣ изъ нея, представляютъ уже нѣкоторую *разность фазъ*, зависящую отъ длины волны у рассматриваемаго луча, отъ толщины и природы пластинки. Для различныхъ лучей спектра колебаніе, являющееся по выходѣ изъ пластинки, имѣетъ различную форму. Въ однихъ случаяхъ его волны съ той или иной величиной и положеніемъ, въ другихъ окружности, въ третьихъ прямыя линіи. Поэтому иной разъ говорятъ, что пластинка *поляризуетъ свѣтъ эллиптически*. Эти различные колебанія падаютъ на анализаторъ, который выбираетъ изъ нихъ слагающія, параллельныя или перпендикулярныя къ его главному сѣченію; вслѣдствіе этого различные лучи ослабляются анализаторомъ въ различной степени, и смѣсь лучей, прошедшихъ черезъ него въ наибольшемъ количествѣ, опредѣляетъ окраску выходящаго пучка. Пропустивъ этотъ пучекъ черезъ призму, получимъ спектръ, перерѣзанный въ нѣкоторыхъ мѣстахъ черными полосками, соответствующими уничтоженнымъ лучамъ; цвѣта же, составляющіе смѣсь, распредѣляются въ спектрѣ въ порядкѣ ихъ преломляемости.

Ясно, что если, повернувъ анализаторъ, мы сообщимъ ему иное положеніе, то въ спектрѣ будутъ отсутствовать уже иные лучи — черныя линіи въ немъ перемѣстятся.

Путемъ сходныхъ рассужденій можно объяснить и явленіе колецъ при сходящихся лучахъ.

Мы коснулись всѣхъ этихъ любопытныхъ въ теоретическомъ отношеніи вопросовъ лишь настолько, насколько это необходимо для уясненія ихъ смысла, не входя въ дальѣйшія, чрезчуръ отвлеченныя, подробности.

Благодаря трудамъ Френеля, явилась возможность въ оптическія явленія объяснять путемъ простыхъ механическихъ соображеній, о которыхъ мы здѣсь не можемъ распространяться \*).

Уразумѣть теорію свѣтовыхъ явленій больше всего помогаетъ изученіе звука, причина котораго доступна непосредственному опыту. Звукъ отражается, преломляется, обнаруживаетъ явленія интерференціи. Всѣ эти явленія получены вполнѣ удовлетворительное объясненіе послѣ того, какъ стали извѣстны происхожденіе и способъ распространенія звука. Допустимъ, что возникновеніе и распространеніе свѣта также происходятъ механическими путемъ, мы можемъ объяснить всѣ наблюдаемыя нами оптическія явленія, если только примемъ въ соображеніе особенности каждой группы явленій. Лучи тепловые и химическіе, въ сущности не отличающіеся отъ свѣтовыхъ, обладаютъ тѣми же свойствами, какъ и послѣдніе: они точно такимъ же образомъ отражаются, преломляются, поляризуются и интерферируютъ между собою.

\*) Средины, подобныя воздуху, водѣ, стеклу и пр., суть средины *изотропическія*, т. е. обнаруживающія одинаковыя свойства во всѣхъ направленіяхъ. Поэтому неудивительно, что въ такой средѣ колебанія распространяются отъ источника съ однимъ и тѣмъ же скоростью во всѣ стороны и въ одинъ и тотъ же моментъ достигаютъ нѣкоторой сферической поверхности, центромъ для которой служатъ источникъ колебаній. Коротко говоря, въ *изотропической средѣ волны представляются сферическими*. Если источникъ состоитъ изъ нѣсколькихъ вобрирующихъ точекъ, то въ этомъ случаѣ Гюйгенсъ считаетъ волною поверхность, касательную ко всѣмъ сферическимъ волнамъ, соответствующимъ, въ данный моментъ, различнымъ колеблющимся точкамъ (стр. 49): это *обнимающая волна*. — Рассматривая одинаковыя по величинѣ пластинки, вырѣзанныя изъ одноосного кристалла, напр., изъ кристалла исландскаго шпата, мы замѣтимъ, что онѣ при равныхъ условіяхъ относятся къ колебаніямъ различно, смотря по углу ихъ наклоненія къ оси кристалла; здѣсь колебаніе уже не распространяется по всѣмъ направленіямъ съ одинаковою скоростью, и поверхность волны, — поверхность, которой въ одинъ и тотъ же моментъ достигаютъ всѣ колебанія, — уже не есть шарова. Путемъ опыта Гюйгенсъ доказалъ, что она образуется, въ этомъ случаѣ, двумя поверхностями — шаръ и эллипсоидъ вращенія около кристаллографической оси, касательныя между собою въ тѣхъ точкахъ, гдѣ ихъ встрѣчаетъ ось; изъ этихъ двухъ поверхностей сферическая есть волна обыкновенная, т. е. соответствующая обыкновенному лучу, а поверхность эллипсоида соответствуетъ необыкновенному лучу. Въ случаяхъ же неоднородныхъ кристалловъ поверхность волны еще сложнее. Френель, путемъ остроумныхъ механическихъ рассужденій, опредѣлялъ всѣ эти сходныя формы и объяснилъ всѣ особенности, представляемыя двойнымъ преломленіемъ въ подобныхъ кристаллахъ.

Итакъ, звукъ, свѣтъ, теплота передаются изъ одного мѣста въ другое путемъ волнообразнаго движенія, а не,—какъ принимала долго державшаяся теорія Ньютона,—на подобіе метательныхъ снарядовъ, передающихъ ударяемому тѣлу энергію взрывчатого вещества. Въ новѣйшее время профессору Герцу удалось, путемъ надлежащаго расположенія опыта, заставить и *электрическую энергію* распространяться въ пространствѣ волнообразно и, благодаря этому, получить *отраженіе, преломленіе, интерференцію* и пр. этихъ *электрическихъ волнъ*.

Возьмемъ, какъ дѣлалъ Герцъ, два металлическихъ шара, діаметромъ въ 80 сант., и соединимъ ихъ прямымъ металлическимъ прутомъ въ метръ длины. Предположимъ, что одинъ изъ этихъ шаровъ заряженъ положительнымъ, а другой отрицательнымъ электричествомъ и что причина, раздѣлявшая оба электричества, вдругъ перестала дѣйствовать. Тогда оба электричества, стремясь соединиться, потекутъ другъ другу навстрѣчу, но явившіеся при этомъ соединеніи токи перейдутъ въ обѣ стороны за точку вострѣчи и зарядятъ каждый шаръ электричествомъ, противоположнымъ первоначальному; эти новые заряды, въ свою очередь, стремятся соединиться: вновь произойдетъ разрядъ съ послѣдовательнымъ обратнымъ разряженіемъ, и т. д. Такимъ образомъ, между двумя шарами получится рядъ *электрическихъ колебаній*; говоря языкомъ Фарадея и Максвелла \*), нужно было бы сказать, что электрическое состояніе эфира, окружающаго наши шары, испытываетъ рядъ чередующихся (альтернативныхъ) наміненій. Такъ или иначе—вѣрно то, что въ описанной электрической системѣ является маятникообразное движеніе, что эта система получаетъ характеръ *электрическаго камертона* \*\*).

Но для того, чтобы такой камертонъ колебался постоянно, нужно, чтобы возбуждающее дѣйствіе появлялось и прекращалось достаточно быстро черезъ весьма короткіе промежутки; этого достигаютъ тѣмъ, что соединительный пруть посрединѣ прерываютъ (фиг. 400), на внутренніе концы обѣихъ половинъ надѣваютъ по металлическому шарiku 4 сантимет. въ діаметрѣ, и эти шарики соединяютъ съ полюсами индукціонной катушки В. При каждомъ разрядѣ катушки происходитъ рядъ колебаній электрическаго камертона Е, который мы назовемъ *первичнымъ проводникомъ*. Получаемая такимъ путемъ колебательныя разряженія, изслѣдованіемъ которыхъ занимались также сэръ В. Томсонъ, Лоджъ и др., могутъ, при надлежащемъ расположеніи опыта, имѣть чрезвычайно краткій періодъ. Такъ, описанный нами электрическій камертонъ даетъ свыше 50 милліоновъ колебаній въ секунду; Герцъ получалъ до 500 милліоновъ такихъ колебаній.

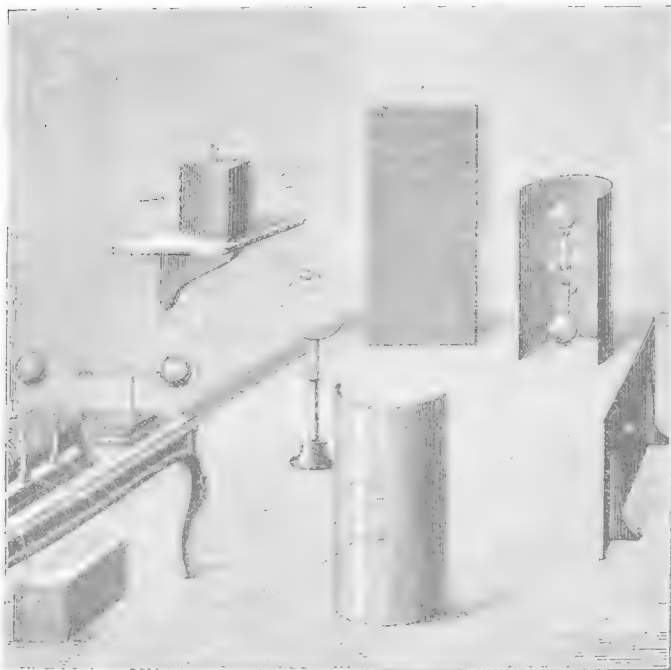
Чтобы обнаружить въ окружающемъ пространствѣ поддерживаемыя этимъ способомъ колебанія, Герцъ воспользовался индукціей, производимой ими въ близко расположенномъ проводникѣ  $\gamma$ ; этотъ *вторичный проводникъ* есть кольцевидно согнутая мѣдная проволока, 0,75 милл. въ діаметрѣ, представляющая въ одномъ мѣстѣ перерывъ, который, помощью микрометрическаго винта, можно сдѣлать весьма малымъ. На такомъ проводникѣ, въ мѣстѣ перерыва, происходитъ рядъ разрядныхъ искръ, сопровождающихъ искры на первичномъ проводникѣ. Въ зависимости отъ положенія вторичнаго проводника длина вторичныхъ искръ измѣняется отъ нуля до 7 сантиметровъ.

„Первоначально,—говоритъ Герцъ,—я былъ весьма удивленъ, получивъ во вторичномъ проводникѣ еще очень замѣтныя искры при удаленіи его отъ первичнаго, отъ электрическаго камертона, на 1—2 метра. Это удивленіе возросло еще болѣе, когда мнѣ удалось затѣмъ получать искры на разстояніи 15 метровъ: при такомъ разстояніи искры уже могутъ быть замѣчены лишь въ темнотѣ“.

\*) Клеркъ Максвеллъ, знаменитый англійскій физикъ, род. въ 1831 г., ум. въ Кембриджѣ 5-го ноября 1879 г.; былъ членомъ лондонскаго Королевскаго Общества; авторъ сочиненій: *Математика и электричество, Силыныя линіи Фарадея, Динамическая теорія электромагнитнаго поля* и др.

\*\*) Г. Герцъ (*Научное Обзорніе*, 11 мая 1889 г.), *Изслѣдованія надъ электрическими волнами*.

Если между электрическим камертономъ и вторичнымъ проводникомъ, или, какъ говорятъ, *электрическимъ резонаторомъ*, помѣстить непроводящую преграду, то на резонаторѣ получаются искры, какъ и въ отсутствіи преграды; но если послѣдняя сдѣлана изъ проводящаго вещества, если это будетъ, наприм., большой цинковый листъ, то этимъ дѣйствіе камертона парализуется, а вслѣдствіе этого и резонаторъ, естественно, не обнаруживаетъ никакого дѣйствія: проводящій экранъ отбрасываетъ отъ себя *электрическую тѣнь*. Такъ какъ, напротивъ того, проводники, помѣщенные обокъ резонатора, не уничтожаютъ его дѣйствія, то изъ этого слѣдуетъ, что *электричество*, испускаемое электрическимъ камертономъ, *распространяется прямолинейно*.



Фиг. 400.— Общее расположеніе опытовъ Герца надъ электрическими волнами.

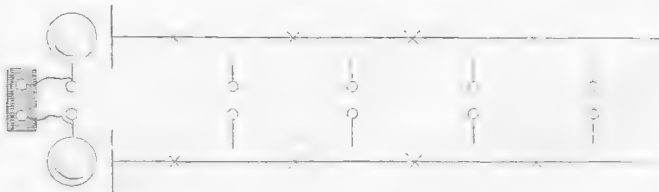
Согласно опытамъ Герца, если электрической камертонъ, соединенный съ полюсами большой индукціонной катушки, состоитъ изъ двухъ одинаковыхъ латунныхъ трубокъ длиною въ 13 сантим. и шириною въ 3 сантим., а резонаторъ есть прямая проволока въ 1 метръ длиною, прерванная въ срединѣ маленькимъ разрядникомъ, то, при обыкновенныхъ условіяхъ, резонаторъ дѣйствуетъ лишь до тѣхъ поръ, пока разстояніе между нимъ и камертономъ не превышаетъ 2 метровъ. Но если камертонъ *E'* (фиг. 400) расположить по фокусной линіи цинковаго параболическаго цилиндра 2 метровъ высоты и съ отверстіемъ въ 1 метръ, то дѣйствіе резонатора обнаруживается еще при разстояніи въ 10 метровъ, изъ чего видно, что параболическій цилиндръ является здѣсь настоящимъ

*электрическимъ прожекторомъ* (рефлекторомъ). Наконецъ, при расположении и резонатора В по фокусной оси такого же параболическаго цилиндра, помѣщеннаго противъ перваго, дѣйствие обнаруживается еще на разстояніи 20 метровъ.

Явленія точно такого же порядка наблюдаются въ томъ случаѣ, если на мѣстѣ электрическаго камертона будетъ находится какой-нибудь звуковой источникъ. Если плоскости симметріи обонхъ цилиндровъ образуютъ между собою нѣкоторый уголъ, то для приведенія резонатора въ дѣйствіе достаточно помѣстить на линіи пересѣченія этихъ плоскостей металлическую доску, наклонивъ ее одинаково къ обѣимъ плоскостямъ. Такимъ образомъ, мы вправѣ сказать, — пользуясь языкомъ акустики и оптики, — что электрическій камертонъ служитъ центромъ *электрическихъ волнъ*, распространяющихся въ пространствѣ и *отражающихся* такъ, что лучъ падающій и лучъ отраженный образуютъ съ перпендикуляромъ равные углы.

*Преломленіе электрическихъ лучей* Герцъ обнаружилъ слѣдующимъ путемъ. Онъ устроилъ большую асфальтовую призму съ преломляющими углами въ  $30^\circ$  и гранями въ 1,5 метра вышины и 1,2 метра ширины. Электрическій лучекъ, отраженный отъ поддерживавшаго камертона цилиндрическаго зеркала, былъ направленъ на одну изъ граней призмы между металлическими экранами, для того, чтобы воспрепятствовать лучамъ пройти мимо призмы. Вторичное цилиндрическое зеркало, помѣщенное на продолженіи падающаго луча, за призмой, первоначально не давало искръ, но затѣмъ, при постепенномъ опусканіи его къ основанію призмы, наступилъ моментъ, когда появились искры; уголъ отклоненія былъ тогда равенъ приблизительно 22 градусамъ.

Заставляя электрическія волны, выходящія изъ Е, отражаться отъ плоскаго цинковаго зеркала Р, Герцъ замѣтилъ, что въ извѣстныхъ равноотстоящихъ другъ отъ друга точкахъ револаторъ не проявляетъ никакого дѣйствія, а на срединѣ разстоянія между каждыми двумя такими точками получаются максимальныя искры. Здѣсь мы видимъ истинную *интерференцію электричества*, съ ея узлами и пучностями (вздутіями). На фигурѣ 401 узлы обозначены крестиками, а положенія вздутій — парами шариковъ резонатора, расположенными вдоль двухъ параллельныхъ между собою проводящихъ проволокъ, длиною въ 10—20 метровъ, оканчивающихся каждая металлической пластинкой, обращенной къ одному изъ шаровъ электрическаго камертона. Интерференція производится здѣсь волнами, падающими и отражающимися отъ концовъ натянутыхъ проволокъ.



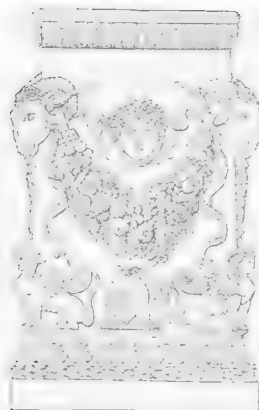
Фиг. 401.—Интерференція волнъ прямыхъ и отраженныхъ съ оконечностей двухъ проволокъ.

Герцу удалось получить и явленіе, сходное съ поляризацией свѣта. Именно, если оба цилиндрическихъ зеркала будутъ расположены подъ прямымъ угломъ другъ къ другу, то во вторичномъ проводникѣ искръ не получится; если же на пути лучей помѣстить раму, на которой натянута проволока параллельно одній другимъ и подъ угломъ въ  $45^\circ$  къ плоскости симметріи обонхъ зеркалъ, то между шариками вторичнаго разрядника искры будутъ пробѣгать. Это явленіе напоминаетъ цвѣтную поляризацию свѣта.

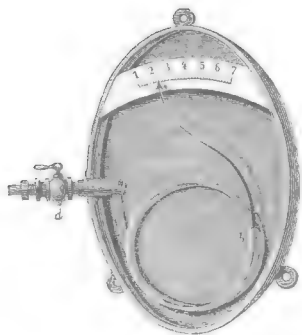
Изъ этихъ вкратцѣ изложенныхъ фактовъ съ полною очевидностью оба-



руживается полнѣйшее сходство между *волнами электрическими* и *волнами световыми*,—сходство, приведшее Гертца къ тому заключенію, что *световыя явленія* суть не болѣе какъ частный случай *явленій электрическихъ*, что они представляютъ собою результатъ колебаній съ весьма малымъ періодомъ,—весьма малымъ даже по сравненію съ періодомъ тѣхъ колебаній, которыя получаютъ въ опытахъ съ электрическимъ камертономъ. „Такимъ образомъ,—говоритъ профессоръ Гертцъ,—\*) оптика есть лишь одна глава въ ученіи объ электричествѣ. Но къ категоріи электрическихъ явленій прибавляются отнынѣ не одни оптическія, но и множество иныхъ явленій. Въ цѣлой тысячѣ случаевъ мы признаемъ присутствіе электричества тамъ, гдѣ въ былое время и не подозрѣвали его. Не только всякое пламя, всякій свѣтящійся атомъ, но и тѣло не свѣтящее, а лишь получающее теплоту, становится отнынѣ фокусомъ электрическихъ дѣйствій. Электричество, слѣдовательно, пріобрѣтаетъ господство надъ всею природою“.



\*) *Аналогія между светомъ и электричествомъ.* Докладъ пр. Гертца на Гейдельбергскомъ съѣздѣ въ 1889 г.



Фиг. 402.— Металлическій манометръ.

## Глава II.

### Физическія величины.

Для того, чтобы понять духъ современной системы физическихъ измѣреній, чтобы оцѣнить глубокую гармонію этой системы, необходимо, хотя бы въ краткомъ обзорѣ, прослѣдить шагъ за шагомъ постепенное развитіе мѣръ и происхожденіе тѣхъ понятій, которыя повлекли за собой, какъ необходимое послѣдствіе, созданіе мѣръ. Результаты, которые мы получимъ на этомъ пути, будутъ исходить изъ всѣхъ пунктовъ научнаго горизонта: именно на почвѣ мѣры всего больше дѣлается понятной взаимная зависимость различныхъ наукъ и степень сложности, свойственная каждой изъ нихъ. Изъ дальнѣйшаго изложенія читатель легко пойметъ, почему ученый, спеціально занимающійся электричествомъ, вынужденъ дѣлать многочисленныя заимствованія у всѣхъ наукъ. *Электрическія мѣры* представляютъ истинный снѣгъ всѣхъ современныхъ научныхъ свѣдѣній.

Понятіе *числа*, очевидно, вытекаетъ изъ разсмотрѣнія нѣкоторой группы *естественныхъ единицъ*, каковыми являются: человекъ, дерево и пр. Число есть въ одно и то же время слово и символъ, служащій для обозначенія той или иной группы естественныхъ единицъ. Наипростѣйшая изъ этихъ группъ, основа всѣхъ остальныхъ, содержитъ одну только единицу; слѣдующая за ней получается чрезъ прибавленіе къ первой еще одной естественной единицы—того же или другого рода (фиг. 408). Таковъ общій законъ образованія послѣдовательныхъ группъ. Мѣсто каждой группы въ естественномъ ряду обозначается словами: одинъ, два, три, четыре,..... и символами 1, 2, 3, 4,..... Это суть *отвлеченныя числа* (простыя), изученіемъ которыхъ занимается самая элементарная изъ математическихъ наукъ—арифметика. Если группа состоитъ изъ предметовъ однородныхъ, изъ деревьевъ, наприм., то къ слову, показываемому мѣсто группы въ ряду, прибавляютъ еще названіе рода разсматриваемыхъ единицъ; такъ получается *конкретное* (именованное) *число*. Одно дерево, два дерева, три дерева.....—вотъ примѣры конкретныхъ чиселъ. Такое число даетъ мѣру величины соответствующей группы, отнесенную ко исполнѣ (какъ предполагается) извѣстной величинѣ естественной единицы разсматриваемого рода.

Но кромѣ подобныхъ величинъ намъ постоянно приходится имѣть дѣло и

съ такими, для которыхъ не существуетъ естественныхъ единицъ. Таковы именно величины, относящіяся къ *формѣ* предметовъ: длина (L), *площ* (A), *поверхность* (S) и *объемъ* (V), изученіемъ которыхъ занимается геометрія (фиг. 404) Измѣреніе подобныхъ величинъ представляетъ особыя трудности: тутъ не только приходится выбирать соответствующую единицу мѣры для сравненія, но и *производить на дѣль точное сравненіе*. Если, наприм., требуется измѣрить длину *ос* (фиг. 405) единицею длины *аб*, то опредѣляютъ сколько разъ эта послѣдняя откладывается на линіи *ос*; если *ос* сполна покрывается какъ разъ 5 единицами *аб*, то мы говоримъ, что длина *ос* равна единицѣ *аб*, повторенной 5 разъ, или иначе:

$$ос = 5ab.$$

Число 5 показываетъ, сколько разъ единица *аб* содержится въ *ос*.

Если для измѣренія той же длины *ос* возьмемъ иную единицу, наприм., *а'б'*, содержащуюся 10 разъ въ *аб*, то-есть если  $ab = 10a'b'$ , то

$$ос = 5ab = 50a'b'.$$

Изъ этого очевидно, что для измѣренія той или иной величины число имѣетъ значеніе лишь вмѣстѣ съ рядомъ стоящей единицей.

Производство точнаго измѣренія обыкновенно, если не всегда, представляется, однако, дѣломъ гораздо болѣе сложнымъ, чѣмъ мы предполагали вначалѣ. По отложеніи известнаго числа разъ единицы *аб* на *ос*, остается еще часть *сд*, меньшая единицы *аб*. Для измѣренія этой части единицу дѣлятъ на все болѣе и болѣе мелкія части и стараются опредѣлить, сколько частей известнаго порядка содержится въ *сд*; если *аб* раздѣлена, наприм., на тысячу равныхъ частей, и *сд* содержитъ три такихъ части, то говорятъ, что *сд* составляетъ три тысячныхъ единицы— $\frac{3}{1000}$ , или 0,003. Въ этомъ состоитъ принципъ *дробей*. Въ концѣ концовъ, мы получаемъ:

$$ос = 5ab + 0,003 ab = 5,003 ab.$$

При производствѣ измѣренія на дѣль часто невозможно бываетъ получить точный результатъ, наприм., видно только, что *сд* нѣсколько болѣе 3 и нѣсколько меньше 4 известныхъ частей. Въ такомъ случаѣ можно съ одинаковымъ правомъ писать:

$$ос = 5,003 ab \text{ и}$$

$$ос = 5,004 ab,$$

помяв, что 5,003 есть приближительная *меньшая*, а 5,004—приближительная *большая* величина.

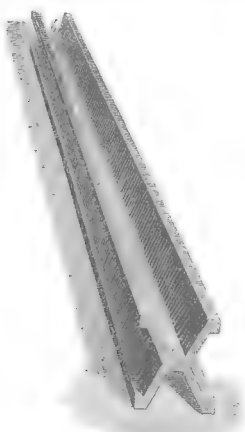
Единица длины долгое время была совершенно произвольной. Не только каждая страна—всякая мѣстность имѣла свою единицу длины, благодаря чему-торгово-промышленныя сношенія терпѣли немалый ущербъ. Такъ шло дѣло до тѣхъ поръ, пока Национальное Собраніе, въ цѣляхъ созданія *однообразной* системы мѣръ, не сдѣлало обязательнымъ употребленіе вполнѣ опредѣленной

Фиг. 403.— Естественныя единицы. Образованіе последовательныхъ группъ.

Фиг. 404.— Длина. Площ. Поверхность. Объемъ.

Фиг. 405.— Измѣреніе длины.

единицы длины, названной метромъ \*). Для того, чтобы эта длина была связана съ земнымъ шаромъ, а можетъ быть и для того, чтобы не оказывать предпочтенія ни одной изъ существовавшихъ единицъ, было рѣшено *законной единицей* считать, сорокамиллионную часть длины земного меридіана. Для нахождения точной величины такимъ образомъ опредѣленнаго метра былъ предпринятъ рядъ ученыхъ трудовъ, стяжавшихъ всемірную славу. Но изслѣдованія, касающіяся столь труднаго предмета, очевидно, не могли дать строго-точного результата, не смотря на замѣчательную ловкость и глубокую ученость знаменитыхъ экспериментаторовъ. Допущенная при этомъ погрѣшность не имѣетъ, однако-же, особенной важности, такъ какъ, въ сущности, вовсе не необходимо, чтобы метромъ служила точно извѣстная часть меридіана, а достаточно, чтобы было обезпечено сохраненіе образца метра.



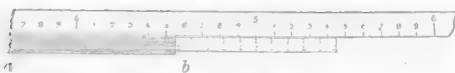
Фиг. 406.— Образцовый метръ, хранящійся въ Международномъ бюро вѣса и мѣры.

Первый образецъ (эталонъ) былъ изготовленъ въ 1799 г. и ованъ въ Национальный архивъ 4-го мессидора VII года. Послѣ этого было сдѣлано множество точныхъ копій съ этого образца. Копіи эти приготовлены изъ иридиевой платины и имѣютъ сѣченіе въ видѣ буквы Х,—форму, которая по изслѣдованіямъ Трески, наиболѣе гарантируетъ предметъ отъ огибанія. Различіе между архивнымъ метромъ и его копіями то, что первый представляетъ метръ всей своей длиной, а на вторыхъ величина метра заключается между двумя чрезвычайно тонкими черточками, вырѣзанными на средней площадкѣ на нѣкоторомъ разстояніи отъ концовъ эталона. Употребленіе такихъ метровъ

удобнѣе, чѣмъ метровъ перваго рода, такъ какъ черту легче визировать по-мощью зрительной трубки, чѣмъ конецъ эталона.

\*) Приборы, служащіе для точныхъ измѣреній длины, основаны на свойствахъ *верньера*, *микрометрическаго винта* и *рычага*.

Положимъ, что мы желаемъ опредѣлить десятую часть миллиметра. Для этого мы поступимъ по правилу французскаго геометра Пьера Верньера. Раздѣлимъ извѣстную линейку длиной въ десять миллиметровъ на десять равныхъ частей; каждое дѣленіе, очевидно, будетъ равно девяти десятымъ миллиметра; такую линейку прикладываемъ къ одному изъ краевъ большой линейки (скажи), раздѣленной на сантиметры и миллиметры, такъ чтобы она могла скользя съ легкимъ треніемъ вдоль этого края. Теперь, имѣя уже такую линейку *верньера* (фиг. 407), поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Линейка прикладывается къ измѣряемому предмету такимъ образомъ, чтобы съ однимъ концомъ послѣдняго совпадалъ нуль скалы; тогда другой конецъ предмета

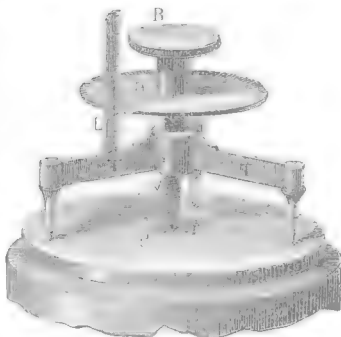


Фиг. 407.— Верньеръ.

станетъ нашири, въ  $b$ , между пятнымъ и шестымъ миллиметромъ пятого сантиметра скалы. Изъ этого уже видно, что длина предмета четыре сантиметра пять миллиметровъ, да еще нѣкоторая величина, меньшая миллиметра. Спрашивается, сколько десятыхъ частей миллиметра содержитъ эта малая величина? Для того, чтобы это узнать, нуль верньера прикладывается къ концу  $b$  предмета и смотрятъ, какое дѣленіе верньера совпадаетъ при этомъ съ какии-нибудь миллиметровымъ дѣленіемъ скалы. Пусть это будетъ, наприм., пятое; въ такомъ случаѣ легко рассчитать, что остающаяся часть  $b$  равна  $\frac{5}{10}$  миллиметра. Въ самомъ дѣлѣ, идя отъ совпадающихъ между собою указанныхъ дѣленій скалы и верньера, мы видимъ, что съ каждымъ новымъ дѣленіемъ, дѣленія верньера отстаютъ отъ соответственныхъ дѣленій скалы на  $\frac{1}{10}$  миллиметра, такъ что пять дѣленій верньера даютъ уже разницу въ  $\frac{5}{10}$  миллиметра, — другими словами, остатокъ  $b$ , лежащій за 5-мъ

При физических изслѣдованіяхъ рѣдко приходится имѣть дѣло съ метромъ; обыкновенно требуется точное изслѣдованіе малыхъ величинъ, для чего

миллиметровъ скалы, равенъ именно  $\frac{5}{10}$  миллиметр. Итакъ, допуская погрѣшности, меньшую  $\frac{1}{10}$  миллиметра, находимъ величину предмета равную 4 сантим. 5 миллим. и  $\frac{5}{10}$  миллиметра, иначе — 0,0455 метра. Иногда устраиваютъ верньеры, при помощи которыхъ находятъ еще меньшія доли миллиметра—двадцатныя, тридцатныя,.... части его, но иногда полученные результаты не достигаютъ той точности, съ какой производится опредѣленіе малыхъ величинъ тѣми измѣряющими приборами, которые основаны на свойствахъ винта, имѣющаго весьма малый ходъ и потому называемаго *микрометрическимъ*. На бронзовомъ или стальномъ цилиндрикѣ дѣлается правильная винтовая нѣрѣзка съ высотой хода обыкновенно въ одинъ миллиметр. На одномъ изъ концовъ винта сидитъ дискъ, по окружности котораго нанесены, прижѣрно, 500 равныхъ дѣленій. Понятно, что при поворотѣ диска на одно дѣленіе, винтъ пройдетъ въ гайкѣ разстояніе равное  $\frac{1}{500}$  высоты его хода, т.-е.  $\frac{1}{500}$  миллиметра, такъ какъ на цѣлую высоту хода (на миллиметр) винтъ поднимается въ теченіе полного оборота. Въ *сферометрѣ*—приборѣ названномъ такъ потому, что онъ позволяетъ найти радиусъ такого шара, внутрь котораго проникнуть нельзя, (Фиг. 408) гайка Е поддерживается под-  
ставкой Т о трехъ ножкахъ, V есть микрометрическій винтъ, D—скала съ дѣлениями и В—головка, за которую вращаютъ винтъ. Для того, чтобы съ помощью этого прибора измѣрить, напр., толщину тоненькой стеклянной пластинки, послѣднюю кладутъ подъ острие винта на полированную поверхность площадки Р и приводятъ винтъ въ точное соприкосновеніе съ пластинкой; затѣмъ пластинку удаляютъ и опредѣляютъ, на сколько дѣленій нужно опустить винтъ для приведенія его въ соприкосновеніе съ площадкой Р. Пусть для этого требуется повернуть дискъ на 5 дѣленій; это значитъ, что толщина пластинки есть именно  $\frac{5}{500} = \frac{1}{100}$  миллиметра.



Фиг. 408. — Сферометръ.

Расположивъ винтъ горизонтально, и притомъ устроивъ такъ, чтобы поступательное движеніе сообщалось не винту, а гайкѣ (примѣръ подобнаго расположенія мы видимъ въ усовершенствованномъ фонографѣ), которая увлекается съ собою площадку, скользящую вдоль линейки, легко измѣрить длину послѣдней. Для этого достаточно опредѣлить, сколько оборотовъ долженъ сдѣлать винтъ, чтобы пройти линейку подъ сѣткой приложеннаго къ прибору микроскопа. Если для этого потребовалось винту сдѣлать  $28\frac{1}{4}$  оборота, то длина линейки, очевидно, равна  $28\frac{1}{4}$  мм. = 0,02825 метр. Часто такое расположеніе употребляютъ для нанесенія равныхъ дѣленій на



Фиг. 409. — Дѣлительная машина.

употребляются части метра: десятая—дециметръ, сотая—сантиметръ, тысячная—миллиметръ, десятая миллиметра, сотая миллиметра и тысячная миллиметра (микронъ \*).

Угловой единицей служитъ *угловой градусъ*, т.-е. такой уголъ, который, при совпадении его вершины съ центромъ какого-либо круга, заключаетъ между своими сторонами одну 360-ю часть окружности данного круга. Градусъ дѣлится на 60 частей, называемыхъ *минутами*, а минута—на 60 частей, называемыхъ *секундами*. Градусы обозначаются знакомъ  $^{\circ}$ , минуты—знакомъ  $'$ , а секунды— $''$ . Величина, равная 10 градусамъ 3 минутамъ 5 секундамъ, обозначается, слѣдовательно такъ:  $10^{\circ} 3' 5''$ .

Въ геометріи употребляется еще другая угловая единица, такъ называемый *радианъ*; это уголъ, длина дуги котораго равна радиусу круга, описаннаго изъ вершины этого угла \*\*). Въ этой системѣ величину какого-либо угла показываетъ отношеніе выпрямленной дуги, соответствующей данному углу, къ радиусу.

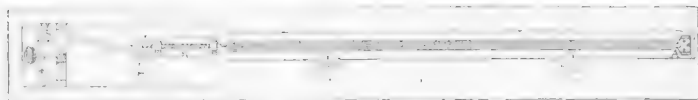
Если изъ точекъ  $a$  и  $b$  (фиг. 411), точекъ пресѣченія окружности сторонами угла, опустить перпендикуляры  $aA$  и  $bB$  на сторону  $ob$  и, имѣя въ линіи  $aA$ ,  $bB$  и  $ob$ , взять отношенія  $\frac{aA}{ob}$  и  $\frac{bB}{ob}$ , то мы получимъ числа, очевидно, не зависящія отъ выбранной единицы длины. Эти-то числа известны подъ названіями *синуса* ( $aA$ ) и *тангенса* ( $bB$ ) угла. При такомъ углѣ величина тангенса мало разнится отъ длины дуги, и потому въ этомъ случаѣ за длину послѣдней принимается тангенсъ угла \*\*\*).

Для того, чтобы единицы поверхности и объема не были произвольными, геометры отнесли ихъ къ единицѣ длины. Единица поверхности  $S$  есть квадратъ

стеклянныхъ трубокъ, микрометръ у оптическихъ инструментовъ и пр. Въ этихъ случаяхъ вѣсто микроскопа берутъ автоматическій рѣзецъ В, который вытѣсываетъ на раздѣленной поверхности, наприм., на стѣнкѣ стеклянной трубки, равныя, желаемой величины, дѣленія. Черезъ каждую 6 дѣлений рѣзцомъ проводится нѣсколько болѣе длинная черта, черезъ каждыя 10 дѣлений—еще болѣе длинная. Такой аппаратъ называется *стѣпной машинной* (фиг. 409).

Въ виду того, что микрометрический вѣтъ никогда не бываетъ совершенно правильнымъ, его необходимо вытѣрять: одну и ту же длину вѣтриваютъ различными частями вѣнта и изъ получающихся при этомъ результатовъ выводится *таблица поправки*, позволяющая производить дальнѣйшія измѣренія съ возможно болѣею точностью.

Относящійся къ той же категоріи приборъ, извѣстный подъ названіемъ *сравнителя* (фиг. 410) состоитъ изъ чугунной доски, снабженной задержкой А и проводниками  $G, G'$ . Стержень ВС, мо-



Фиг. 410.—Сравнитель.

гущій быть отведенъ влѣво, сопротивляется такому отведенію, благодаря пружинѣ R, увлекающей его обратно направо. Конецъ В этого стержня опирается на одно плечо L хоманого рычага, имѣющаго точку опоры въ О; другое, гораздо болѣе длинное плечо L рычага, перекидывается своимъ концомъ по круговой скалкѣ съ дѣлениями, описанной около центра О. Пусть между задержкой А и концомъ В подвижнаго стержня положена линейка опредѣленной длины и конецъ L рычага стоитъ при этомъ на известномъ дѣленіи. Очевидно, что всякая другая линейка будетъ равна первой, въ томъ случаѣ, если, замѣтивъ ее въ сравнитель, она дастъ то же дѣленіе; если же рычагъ останавливается на высшемъ дѣленіи, то вторая линейка больше первой и для приданія ей одинаковой съ первой величины, ее постепенно укорачиваютъ. Такъ изготовляется, наприм., копія съ образцоваго метра.

\*) *Метръ*, отъ греч. *μετρον* (метронъ)—мѣра

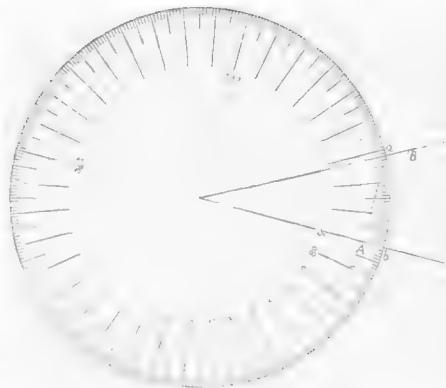
\*\*) По предыдущей системѣ этотъ уголъ въ  $57^{\circ} 17' 44''$ .

\*\*\*) Приборы, служащіе для измѣренія угловъ, называются *гонометрами* (углоизмѣрами). Углоизмѣрники снаридами используются астрономъ, физикъ и минералогъ, причѣмъ каждый приспособляетъ свой инструментъ въ преслѣдуемой цѣли. Въ существенномъ, гонометръ есть латунный кругъ, къ окружности котораго, раздѣленной на градусы, минуты и секунды, придѣланы круговой верньеръ и зрительная труба, могущая вращаться на стержнѣ, установленномъ перпендикулярно къ плоскости круга въ центрѣ послѣдняго. Для того, чтобы получить увѣренность въ томъ, что предстоящее измѣреніе будетъ произведено съ возможно болѣею точностью, необходимо вытѣрять аппаратъ, что нерѣдко уже само по себѣ составляетъ весьма кропотливый и продолжительный трудъ. Про-

ратъ, сторона котораго равна единицѣ длины  $L$ , а единица объема  $V$ —кубъ, котораго сторона равна единицѣ длины (фиг. 412). Въ метрической системѣ такими единицами служатъ квадратный и кубическій метръ.

Такимъ образомъ, зная единицу длины, легко опредѣлить, построить и единицы поверхности и объема. По этой причинѣ единицы поверхности и объема названы *производными*, въ отличіе отъ единицы длины, или *основной* \*).

Отъ представленія объ естественныхъ единицахъ, поведшаго къ созданію армететики, и представленія о формѣ предметовъ (ихъ протяженіи), породившаго геометрію, человѣкъ, очевидно, долженъ былъ перейти къ внимательному наблюденію движенія тѣлъ и создать науку о движеніи—*механику*, въ которую вошли двѣ новыя основныя величины—*сила* и *масса*. Прежде всего долженъ былъ



Фиг. 411.—Радіанъ.

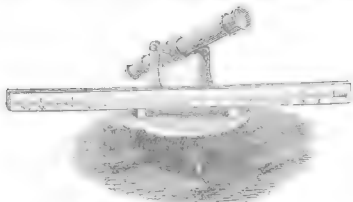


Фиг. 412.

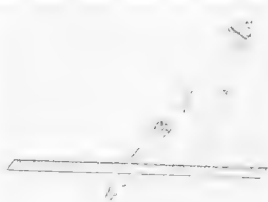
вѣривъ приборъ, направляють оптическую ось сначала по одной, затѣмъ по другой сторонѣ измѣряемаго угла и по числу дѣленій между обоими положеніями трубы судятъ о величинѣ угла.

Существуютъ и такіе приборы, которые, какъ, наприм., теодолитъ, позволяютъ измѣрить разнѣ углы, лежащіе въ горизонтальной и вертикальной плоскости. Этихъ инструментовъ мы, однако, не будемъ описывать, такъ какъ это навело бы насъ слишкомъ далеко за предѣлы нашей задачи.

Въ лабораторіяхъ, для измѣренія малыхъ угловъ часто пользуются отклоненіями магнитной стрѣлки, употребляя въ наприм., нижеслѣдующій способъ, принадлежащій Погендорфу. Отклоняющаяся стрѣлка несетъ при своемъ движеніи зеркальце  $M$ , въ которомъ при помощи зрительной трубы рассматриваютъ изображенія линейки съ дѣленіями (фиг. 413 и 414). Въ положеніи рав-



Фиг. 414.—Измѣреніе отклоненія по зеркальному методу.



Фиг. 413.—Измѣреніе отклоненія по зеркальному методу.

новѣся зеркальца  $M$  наблюдатель видитъ въ точкѣ перекреста нитей число 10 скалы, расположенной подъ осью трубы; послѣ перемѣщенія зеркальца наблюдается въ  $M'$  и на перекрестѣ видно другое число скалы, которое легко узнать, такъ какъ лучи, идущіе отъ видимаго теперь дѣленія по направленію  $R'$ , отражаются зеркальцемъ по направленію  $R$ —по направленію оси трубы. Уголъ составленный лучами  $R$  и  $R'$  опредѣлить легко, уголъ же этотъ есть не что иное, какъ двойной уголъ поворота зеркальца. Детали приложенія описаннаго способа, являющіяся въ различныхъ случаяхъ различными, представляютъ лишь второстепенный интересъ.

\* ) Если, принявъ за единицу длины величину  $L$ , мы настан для длины, поверхности и объема

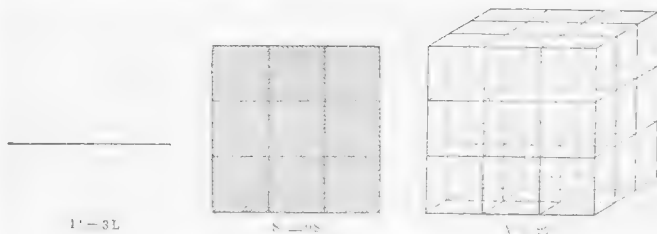
поразить наблюдателя видъ *траекторіи* брошеннаго тѣла, линіи послѣдовательно принимаемыхъ имъ положеній (фиг. 416). Траекторія устанавливаетъ родъ отношенія между движеніемъ и пространствомъ; дѣло механики—построить, начертить траекторію; дальнѣйшимъ изученіемъ и измѣреніемъ ея занимается уже геометрія \*).

Два тѣла, перемѣщающіяся по одинаковымъ траекторіямъ, наприм., по равнымъ окружностямъ могутъ двигаться съ различными скоростями; такъ, за одинъ и тотъ же промежутокъ времени одно тѣло можетъ проходить лишь часть такой окружности, а другое описать одну или нѣсколько полныхъ окружностей. Подобное явленіе выражаютъ, говоря, что эти два круговыхъ движенія отличаются другъ отъ друга отношеніемъ къ *продолжительности, ко времени*. Время, въ самомъ дѣлѣ, не можетъ быть опредѣляемо иначе, какъ понятіе, извлекаемое нами изъ сравненія различныхъ движеній.

Фиг. 416.—Траекторія и скорость движенія брошеннаго тѣла.

Для измѣренія этой величины за единицу времени принимаютъ нѣкоторую постоянную величину, именно продолжительность такого движенія, ко-

какого-нибудь тѣла числа  $l$ ,  $s$  и  $v$ , то спрашивается, какъ измѣнятся эти послѣднія, если за единицу длины примемъ величину, втрое большую, а именно  $3l$ . Очевидно, что въ этомъ случаѣ единица поверхности  $S'$  будетъ въ 9 разъ больше первоначальной, т.-е.  $S'=9S$ ; но такъ какъ  $9=3 \times 3$ , что со времени Декарта изображается символомъ  $3^2$  и читается: „три въ квадратѣ“, или „во второй степени“ (число 2 называется показателемъ степени), то  $S'=3^2S$ .—При единицѣ длины, вчетверо большей, чѣмъ первоначально взятая, соответствующая единица поверхности  $S''=16S=4^2S$ . Во всѣхъ случаяхъ показателемъ степени является число 2; эту зависимость единицы поверхности отъ



Фиг. 415.

единицы длины выражаютъ, говоря, что *измѣреніе* ея равно 2. Подобнымъ же образомъ найдемъ, что новая единица объема  $V$  (фиг. 415) равна  $27V$ , или  $3^3V$ , гдѣ показатель степени 3 есть *измѣреніе* единицы объема. Само собою понятно, что числа  $l'$ ,  $s'$  и  $v'$ , должнотвующія представить длину, поверхность и объемъ, получатся изъ первоначальныхъ величинъ  $l$ ,  $s$  и  $v$  слѣдующимъ образомъ:

$$l' = \frac{l}{3}, \quad s' = \frac{s}{9} = \frac{s}{3^2}, \quad v' = \frac{v}{27} = \frac{v}{3^3}.$$

Въ геометріи существуютъ формулы для опредѣленія поверхности и объема всякой правильной фигуры или тѣла по даннымъ величинамъ соответствующихъ линій. Родина геометріи—Египетъ,—быть можетъ, потому, что періодическіе разлнм Нила влекли за собой необходимость ежегодно вновь мѣрять вѣсельныя владѣнія.

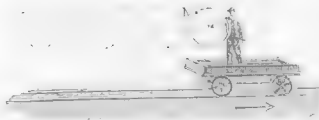
Измѣреніе поверхностей, ограниченныхъ неправильными контурами производится помощью планиметровъ. Для измѣренія объема неправильнаго тѣла, последнее погружаютъ въ такую жидкость, которая не дѣйствуетъ на тѣло химически и также неспособна проникать внутрь его, и затѣмъ измѣряютъ объемъ вытѣсненной тѣломъ жидкости при помощи надлежащимъ образомъ калиброванныхъ сосудовъ.

\*) Форма траекторій различныхъ точекъ движущейся матеріальной системы зависитъ отъ видимыхъ или невидимыхъ связей между этими точками. Пояснимъ нѣсколькими примѣрами, что разумѣютъ подъ связью. Двери, висящія на крюкахъ, нельзя сообщить любое движеніе: единствен-



торое, какъ учить внимательный и долговременный опытъ, совершается всегда одинаково. На стр. 65 и 98 мы видѣли, что камертонъ, благодаря постоянству своихъ колебаній, можетъ служить хорошимъ хронографомъ, позволяющимъ, по причинѣ малой продолжительности отдѣльных колебаній, измѣрять время съ величайшею точностью. Обыкновенно измѣряютъ время часами, минутами (шестидесятыми частями часа) и секундами (шестидесятыми долями минуты). Время, равное 3 часамъ 25 минутамъ 10 секундамъ, обозначается такъ: 3 ч. 25 м. 10 с.

Часть есть промежутокъ времени, отнесенный къ продолжительности одного оборота земли около ея оси; онъ составляетъ именно одну 24-ю часть продолжительности такого оборота. Постоянство упомянутого движенія, естественно, обеспечиваетъ намъ постоянно принятыхъ единицъ времени \*).



Фиг. 417.—Абсолютное и относительное движеніе.

ное возможное для нея движеніе—это вращеніе на крюкахъ; при такомъ вращеніи каждая точка двери описываетъ окружность тѣмъ большаго радиуса, чѣмъ дальше описываемая точка лежитъ отъ линіи крюковъ. Такое движеніе называется *движеніемъ по кругу*, или *вращательнымъ* вокругъ линіи крюковъ, получающей названіе оси движенія. Выдвижной ящикъ, какъ всякому извѣстно, можетъ перемѣщаться лишь въ одномъ направленіи—спереди назадъ или сзади впередъ; всякая его точка перемѣщается при этомъ по прямой линіи; тутъ мы видимъ примѣръ *прямолинейнаго* или *поступательнаго* движенія. Изъ сочетанія движеній вращательнаго и поступательнаго получается безчисленное множество движеній сложнаго характера. Мы видѣли, наприм., что сочетаніе вращательнаго и поступательнаго движеній даетъ спиральное движеніе цилиндра или кружка въ надетой Шарля Кро (стр. 24). Далѣе мы можемъ ввать для прибора движеніе колеса у кинемата. Всякая точка колеса вращается вокругъ оси послѣднего, въ то время какъ колесо извѣстъ со всѣми прочими частями кинемата находится въ поступательномъ движеніи. Такимъ образомъ любая точка, нѣтъ за разъ два движенія, описываетъ кривую, состоящую изъ послѣдовательнаго ряда равныхъ дугъ и называемую *циклоидой*. Названная кривая представляетъ весьма замѣчательныя свойства.

Движеніе колеса представится намъ круговымъ, если сравнимъ его съ движеніемъ прочтѣй частей звензика (*относительное движеніе*), и *циклоидальнымъ*, если разсматривать его по отношенію къ пространству. Наблюдателю, стоящему на движущейся загонеткѣ (фиг. 417) и вращающему тяжелое тѣло М на нити, кажется, что это тѣло описываетъ кругъ; онъ видитъ *относительное движеніе* тѣла М; посторонній же наблюдатель замѣчаетъ, что вращаемое тѣло описываетъ сложную кривую С; ему, слѣдовательно, видно *абсолютное движеніе*, происходящее отъ прибавленія круговаго относительнаго движенія къ прямолинейному, поступательному движенію загонетки.

\*) Для непосредственнаго измѣренія времени, служатъ *часы* и *хронометры*. Приложение маятника къ большимъ часамъ было сдѣлано Гюйгенсомъ въ 1657 г.; тотъ же ученый приложилъ *спиральную пружину* къ карманнымъ часамъ въ 1666 г. Законы же движенія маятника, которыми воспользовался Гюйгенсъ, были выведены Галилеемъ въ 1583 г. Наблюдая малкія качанія люстры, привѣшенной къ своу пизанскаго кафедральнаго собора, Галилей замѣтилъ, что эти качанія всѣ *изохроничны*, т.-е. имѣютъ одну и ту же продолжительность. Дальнѣйшія наблюденія того же характера повели къ установленію *закона изохронизма качаній маятника* при маломъ размахѣ. На фигурѣ 418 изображенъ регуляторъ Гюйгенса, являющийся наивысшней частью большихъ часовъ. Стержень маятника Р обхватывается вилкой f, соединенной съ криволинейною частью А. Зубчатое колесо R, называемое *эсцентрикомъ*, или *хрономомъ*, приводится въ движеніе гирей. При всякомъ двойномъ, или полномъ колебаніи маятника колесо, благодаря періодическому задерживанію его концами якоря, повертывается на одинъ зубчикъ. Стрѣлка, прикрѣпленная къ оси этого колеса, естественно, проходитъ въ равныя времена равныя расстоянія на циферблатѣ.

Удѣя измѣрять расстояние, пройденное тѣломъ, и время, употребленное послѣднимъ для прохожденія этого пути, легко найти законъ, которому подчинется разсматриваемое движеніе. Зная *законъ движенія точки* N на ея траекторіи—это значитъ знать, какова въ каждый моментъ дѣина пройденнаго тѣломъ пути ON (фиг. 416). Точка О, отъ которой тѣло начинаетъ свое движеніе, называется *начальнымъ положеніемъ* точки, или *началомъ движенія*; моментъ, въ который тѣло покидаетъ это положеніе, есть *начальный моментъ*, или *начальный элементъ времени*, въ теченіе котораго совершается движеніе.



Фиг. 418.—Уровень маятника.

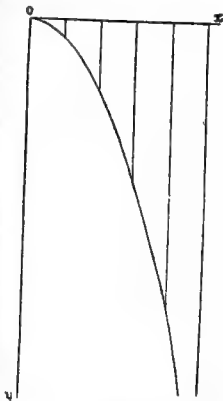
Мы видѣли, что два движенія могутъ отличаться одно отъ другого формой соответствующихъ имъ траекторій, своимъ отношеніемъ ко времени, т.-е. скоростью и ускореніемъ. Но помимо того, и между самими движущимися тѣлами можетъ существовать важное различіе. Такіе два тѣла, какъ просыпанное зерно и пылевое ядро, падающія въ пустотѣ совершенно одинаково, отличаются другъ

Если движущееся тѣло въ разныя произвольно выбранныя промежутки проходитъ одинаковыя разстоянія, то движеніе совершается *равномерно*. При такомъ движеніи *пространства, пройденнаго тѣломъ, пропорціональны временамъ*, употребленнымъ на прохожденіе этихъ пространствъ. *Скорость* подобнаго движенія выражается длиной линіи, пройденной тѣломъ въ одну секунду; вообще, если тѣло въ единицу времени проходитъ 15 единицъ длины, то мы говоримъ, что *скорость* равномернаго движенія равна 15.

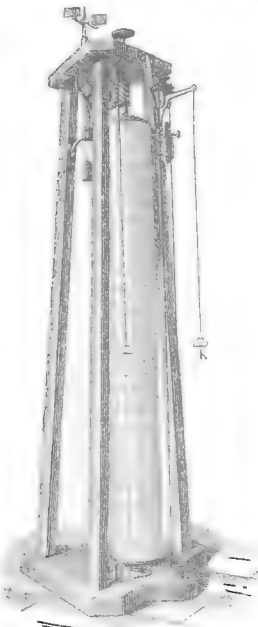
Но часто бываетъ такъ, что тѣло въ различные моменты своего движенія переищщается съ различной скоростью. Подобное движеніе, для котораго зависимость между временемъ и пространствомъ представляется болѣе или менѣе сложнымъ, называется *переменнымъ*. Изъ переменныхъ движеній мы вератцъ изучимъ одно, особенно важное, именно свободное паденіе тѣла. Мы сдѣлаемъ это съ цѣлью показать на примѣрѣ, какъ вообще изучаются законы движенія тѣла.

Прежде всего мы замѣчаемъ, что траекторія, проходимая свободно падающимъ тѣломъ, есть прямая вертикальная линія; таково отношеніе этого движенія къ пространству. Но какова же связь его съ временемъ, какова длина пути, проходимого тѣломъ за опредѣленный промежутокъ времени,—

словомъ, каковъ законъ разсматриваемаго движенія? Непосредственно опредѣлить въ каждый моментъ величину пройденнаго пути было бы чрезвычайно трудно—вслѣдствіе того, что движеніе совершается съ огромной быстротой. Поэтому Галилей прибѣгае къ особенной уловкѣ—къ замедленію движенія посредствомъ наклонной плоскости. Но въ настоящее время предпочитаютъ пользоваться графическимъ способомъ, при которомъ движущееся тѣло само записываетъ законъ своего движенія. Вотъ какъ производится эта запись по методу генерала Морена, основанному на идеѣ Понселе. Большой вертикальный цилиндръ (фиг. 419), обтянутый ластикъ бумаги, на которомъ проведенъ рядъ равноотстоящихъ одна отъ другой вертикальныхъ линій (образующихъ), расположено, близъ



Фиг. 419.—Полу-парабола, начерченная на цилиндрѣ аппарата Морена падающимъ тѣломъ.



Фиг. 420.—Первый записывающій движеніе аппаратъ, изобретенный генераломъ Мореномъ къ изученію законовъ паденія тѣла.

траекторіи, описываемой падающимъ тѣломъ (гирей). Къ послѣдней прикрѣпленъ карандашъ, слегка прижимающійся къ бумагѣ. Когда при паденіи гири цилиндръ неподвиженъ, карандашъ чертитъ вертикальную линію *oy*; если гиря неподвижна, а цилиндръ вращается, то карандашъ начертитъ горизонтальную окружность; наконецъ, если при паденіи гири цилиндръ будетъ вращаться въ равномерномъ вращательномъ движеніи (при которомъ образующія проходятъ передъ карандашомъ черезъ равныя промежутки времени), то карандашъ начертитъ кривую, известную подъ названіемъ *параболы* (фиг. 419).

Въ тотъ моментъ, когда остріе карандаша стоитъ въ какой-либо опредѣленной точкѣ на этой кривой, высота, съ которой успѣло упасть тѣло, равна разстоянію взятой точки отъ начальной окружности *os*. По прохожденіи падающимъ тѣломъ всей высоты цилиндра измѣряютъ разстоянія точекъ пересѣченія кривой послѣдовательными, напередъ начерченными на бумагѣ, образующими, т.-е. разстоянія, соответствующія временамъ, относящимся между собой, какъ числа: 1, 2, 3, ... Изъ получающихся при этомъ результатовъ видно, что *пространства, пройденнаго падающимъ*

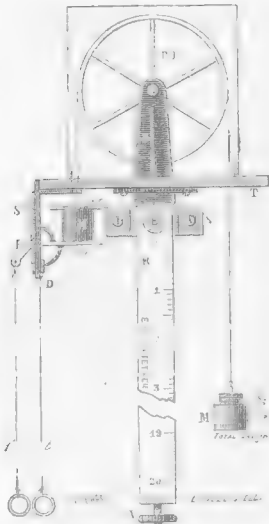
отъ друга своими *массами* самымъ кореннымъ образомъ. Для того, чтобы составить себѣ ясное представленіе о *массѣ* тѣла, проще всего вообразить, что матерія представляетъ собою нѣчто *однообразное*, всюду однородное, что она есть собраніе частицъ неизмѣнной формы, неразрушаемыхъ и совершенно тождественныхъ между собою. При такомъ возвращеніи, разнородность тѣла представится лишь результатомъ различной группировки частицъ, и выраженіемъ массы, или количества содержащейся въ данномъ тѣлѣ матеріи, будетъ служить число частицъ, образующихъ это тѣло. Опытнымъ путемъ подобное число, конечно, не можетъ быть опредѣлено, вслѣдствіе чрезвычайной малости частицъ, но за то есть возможность подойти къ нему теоретическимъ путемъ. Согласно изслѣдованіямъ Сера Вильяма Томсона, въ одной каплѣ воды содержится 100,000,000,000,000,000,000,000,000,000 (сто квадриллионовъ) частицъ.

Тѣломъ за различные промежутки времени, считая отъ начального момента движенія, *пропорционально квадратамъ этихъ временъ*, т. е. въ теченіе двухъ секундъ тѣло проходитъ пространство вчетверо большее, нежели въ одну секунду; въ три секунды—пространство, въ девять разъ большее, и т. д. Таковъ законъ свободного паденія тѣла.

Вышеописанный графическій способъ имѣетъ обширное приложение въ наукѣ. Генералъ Себеръ приложилъ его къ опредѣленію скорости полета металлическихъ снарядовъ, выстрѣливаемыхъ орудіями. Устроенный Мареемъ *ходографъ* прилагается къ самымъ различнымъ случаямъ: тотъ же снарядъ, посредствомъ котораго опредѣляютъ скорость движенія крови въ сосудахъ или воздуха въ бронхахъ, позволяетъ узнать скорость хода экипажа, движаемаго лошадыми, или желѣзнодорожнаго поѣзда. Въ недавнее время былъ произведенъ рядъ ходографическихъ наблюденій на Южной желѣзной дорогѣ съ цѣлью точно проконтролировать ходъ поѣздовъ. Последний со всѣми мельчайшими подробностями обозначается на ходографической кривой; тутъ сразу видна и быстрота, съ которой устанавливается нормальный ходъ поѣзда, и моменты остановокъ на станціяхъ, и быстрота дѣйствія при такихъ остановкахъ.

Этимъ же графическимъ способомъ опредѣляется и характеръ тѣхъ сложныхъ движеній, которыя составляютъ землетрясеніе. Употребляемые при этомъ снаряды, такъ называемые *сейсмографы* съ точностью записываютъ образованіе, силу, направленіе и различныя фазы земныхъ сопряженій. Больше чувствительные *микросейсмографы* употребляются для изученія незначительныхъ колебаній, совершающихся постоянно въ мѣстностяхъ, подверженныхъ сильнымъ землетрясеніямъ. Эти незначительныя колебанія показываютъ, что „притива, порождаящая землетрясенія, не исчезаетъ вмѣстѣ съ послѣдними, а продолжаетъ дѣйствовать, хотя и въ слабой степени, и въ промежуткахъ между ними“.

Расширивъ уже давно полученное нами понятіе о графическомъ методѣ, важность котораго возрастаетъ съ каждымъ днемъ, для котораго непрестанно открываются все новыя и новыя приложенія, мы вернемся теперь къ основному аппарату генерала Морена и будемъ продолжать изученіе движенія тѣла М. Какъ бы мы ни видоизмѣняли это послѣднее, будетъ ли оно большое или малое, мѣдное, серебряное, деревянное или льное, законъ паденія остается строго неизмѣннымъ. Ньютонъ показалъ, что въ пустотѣ (наприм., въ вертикальной стеклянной трубкѣ, изъ которой выкачанъ воздухъ) всѣ тѣла падаютъ съ одинаковою скоростью. Но скорость паденія, видимымъ образомъ, не одинакова для моментовъ, неравностоящихъ отъ начального момента движенія—она все болѣе и болѣе увеличивается. Какъ именно она увеличивается,—это покажетъ намъ аппаратъ Морена (рис. 241). Привѣсимъ гирю М къ одному концу нити, перекинутой черезъ блокъ и другимъ концомъ удерживающей тѣло М', одного вѣса съ М. Тогда мы получимъ такую систему, которая при всевозможныхъ положеніяхъ гири остается въ равновѣсіи. Если затѣмъ на тѣло М положимъ еще небольшой грузъ 10, то система придетъ въ движеніе и паденіе гири М вмѣстѣ съ прибавочнымъ грузомъ будетъ совершаться по тому же закону, по какому происходило бы паденіе одного тѣла М, т. е. пройденныя пространства и въ этомъ случаѣ будутъ пропорціональны квадратамъ времени, употребленнымъ на прохожденіе этихъ пространствъ. Но если гдѣ-нибудь на пути паденія задержать грузъ 10, посредствомъ колеса, пропускающаго гирю, но слишкомъ узкаго для того, чтобы чрезъ него могъ пройти прибавочный

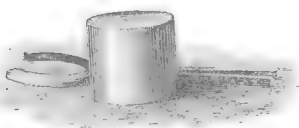


Фиг. 421.—Опредѣленіе скорости падающаго тѣла въ различные моменты паденія.

Но за единицу массы была принята не масса одной материальной частицы, а масса всѣхъ частей, содержащихся въ одномъ кубическомъ дециметрѣ воды при 4° Цельсія. Эта единица есть *килограммъ*. Образцовый килограммъ, представляющій собой цилиндръ изъ чистой платины, хранится въ архивѣ, гдѣ къ нему присасываются не иначе, какъ щипцами, обтянутыми бархатомъ (фиг. 422 \*).

Въ настоящее время основными единицами считаются, однако-же, не метръ, часъ и килограммъ, а въслѣдствіе соглашенія, состоявшагося на международномъ конгрессѣ электриковъ въ Парижѣ во время электрической выставки, — *сантиметръ* — (сотая часть образцоваго метра) — единицею длины, *граммъ* (одна тысячная образцоваго килограмма) — единицею массы, и *секунда* (одна 86400-я среднихъ солнечныхъ сутокъ) — единицею времени. Къ этимъ основнымъ единицамъ могутъ быть отнесены и всѣ прочія, какъ мы видѣли это для поверхности, объема, скорости и ускоренія и какъ сейчасъ увидимъ и для другихъ величинъ. Поэтому всѣ единицы, кромѣ основныхъ, называются *производными*. Совокупность тѣхъ и другихъ единицъ образуетъ систему *сантиметръ-граммъ-секунда*, обозначаемую, для краткости, С.Г.С.

Уже Гауссъ отнесъ всѣ измѣрительныя единицы къ миллиметру, милли-



Фиг. 422. — Эталонъ массы: килограммъ.

грамму и секундѣ; позднѣе, въ 1852 г., идеи Гаусса воспользовалась Британская ассоціація и выработала координированную систему мѣръ, принятую лондонскимъ Королевскимъ Обществомъ въ 1865 г. и окончательно санкціонированную подъ названіемъ системы С.Г.С. конгрессомъ 1881 года.

Согласно сказанному, единица поверхности въ системѣ С.Г.С. — есть пло-

щадь квадрата, сторона котораго равна одному сантиметру, — это — *квадратный сантиметръ* (фиг. 412); единицею объема служатъ кубъ, у котораго ребро равно сантиметру, — это — *кубическій сантиметръ* (фиг. 412); единица скорости есть такая скорость, при которой тѣло, движущееся равномерно, проходитъ разстояніе од-

нѣтъ, то движеніе системы тогчасъ же сдѣлается равномернымъ и будетъ уже совершаться съ нѣкоторою опредѣленною скоростью, которую назовемъ  $V$ ; величина этой скорости зависитъ отъ того, гдѣ именно на траекторіи помѣщено задерживающее кольцо. Чѣмъ больше времени прошло отъ начала движенія до задержки прибавочнаго груза, тѣмъ эта скорость является большею, и притомъ въ равные промежутки она нарастаетъ на одну и ту же величину. Эту-то скорость, съ которою въ данный моментъ, по удаленіи прибавочнаго груза, начинается совершаться равномерное движеніе гари, и принято считать *скоростію переменнаго движенія* въ рассматриваемый моментъ; прращеніе же скорости въ каждую секунду называемъ *ускореніемъ*. Ускореніе обозначаютъ буквою  $g$ . Въ Парижѣ  $g = 9,8094$  метра (если за единицу длины принять метръ, а за единицу времени — секунду).

\*) Мы увидимъ, такимъ образомъ, измѣрять длины и времена. Посмотримъ теперь, какими путемъ производится сравненіе массы какого-либо тѣла съ массою килограмма, другими словами, какими образомъ, измѣряется масса этого тѣла, — какъ узнать, сколько разъ число частей, заключающихся въ одномъ кубическомъ дециметрѣ воды, содержится въ данномъ тѣлѣ. Принимая, что во отношеніи къ механическимъ явленіямъ первичныя частицы есть тѣлѣ тождественны между собой, для вышеназванной цѣли, очевидно, достаточно найти, сколько килограммовъ или частей килограмма требуется взѣтъ вѣсто даннаго тѣла, участвующаго въ извѣстномъ механическомъ явленіи, для того, чтобы воспроизвести это послѣднее съ полною точностію. Обыкновенно, какъ средство для сравненія пользуются явленіемъ равновѣсія, и самое сравненіе производятъ помощью прибора, называемаго *тосами* (фиг. 423). На одну чашку вѣсовъ кладутъ тѣло, массу котораго желаютъ срѣзнить съ килограммомъ, и уравновѣшиваютъ его какими-нибудь другими предметами, кладя послѣдніе на другую чашку. Затѣмъ сравниваемое тѣло снимаютъ, для восстановленія нарушеннаго, благодаря этому, равновѣсія на мѣсто снятаго тѣла кладутъ килограммы или части килограмма. Если для восстановленія равновѣсія нужно взѣтъ 2 килограмма, то масса тѣла равна 2. То же число должно получаться и при всякомъ другомъ способѣ измѣренія. Для каждаго тѣла существуетъ опредѣленная величина массы, не отъ чего, кромѣ этой послѣдней, не зависящая: помѣщается ли тѣло на полюсѣ или на экваторѣ, на землѣ или въ корняхъ высоко поднятаго воздушнаго шара, — результатъ измѣренія получается всегда совершенно одинъ и тотъ же, лишь бы измѣреніе производилось въ пустотѣ.

ного сантиметра въ одну секунду. Эту единицу, не получившую еще спеціальнаго названія, мы назовемъ *велоксъ* (отъ лат. *velox*—скорый). Если равномерно движущееся тѣло проходить въ секунду 50 сантиметровъ, то скорость его будетъ 50 велоксовъ; тѣло, проходящее въ одну секунду 620 метровъ, движется со скоростью 62000 велоксовъ. *Единица ускоренія* есть ускореніе такого *равномерно-переменнаго движенія*, при которомъ скорость возрастаетъ на одинъ велоксъ въ теченіе одной секунды; эти единицу мы назовемъ *акцелералъ* (отъ лат. *acceleratio*—ускореніе). Опытъ показываетъ, что скорость свободно падающаго тѣла по мѣрѣ приближенія его къ землѣ все болѣе и болѣе увеличивается, при чемъ приращеніе скорости въ одну секунду составляетъ, въ Парижѣ, 901 велоксъ; другими словами, ускореніе при свободномъ паденіи равно 901, точнѣе—980,94 акцелералъ.



Фиг. 423.— Точные анеродическіе вѣсы, служашіе для непосредственныхъ опредѣленій вѣса.

Такимъ образомъ изъ сантиметра и секунды мы въ системѣ С.Г.С. производимъ единицы поверхности, объема, скорости и ускоренія.

Разсмотримъ теперь другія производныя единицы. Ясно, что дѣйствіе, разбиваемое ударомъ движущагося тѣла о встрѣченную имъ преграду, зависитъ, съ одной стороны, отъ массы этого тѣла, а съ другой—отъ той скорости, которую имѣло тѣло въ моментъ удара. Если, наприм., съ вышины третьяго этажа будутъ брошены одновременно свинцовая дробинка и свинцовое ядро, то, несмотря на то, что то и другое движутся рядомъ и съ совершенно одинаковой скоростью, дробинка не причинитъ встрѣченному ей человѣку никакого вреда, между тѣмъ какъ ядро убьетъ его моментально. Но та же самая дробинка, въ свою очередь, можетъ нанести смертельный ударъ, если ей будетъ сообщена достаточно большая скорость, наприм., если она будетъ выброшена изъ ружья. Изъ этого должно заключить, что состояніе движенія дробинки въ томъ и дру-

гомъ случаевъ неодинаково; это измѣнчивое состояніе Декартъ называлъ *количествомъ движенія*, а Лейбницъ—*живою силою* (*vis viva*); въ настоящее время оно, какъ было указано ранѣе, извѣстно подъ названіемъ *кинетической энергіи* (энергіи движенія).

Основываясь на томъ, что это количество увеличивается при увеличеніи массы тѣла и скорости его движенія, Декартъ выражалъ его произведеніемъ массы на скорость, что было ошибочно; Лейбницъ выражалъ то же количество произведеніемъ массы на квадратъ скорости, а въ настоящее время оно, или—что то же—кинетическая энергія выражается половиною Лейбницава произведенія.

„Артиллеристы уже давно знаютъ,—говоритъ Жюффрэ, во введеніи къ своей „Теоріи энергіи“, что разрушительное дѣйствіе ядеръ возрастаетъ пропорціонально массѣ послѣднихъ и квадрату ихъ скорости въ моментъ удара“.

Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что *единица энергіи* въ системѣ С. G. S. есть та энергія, которую обладаетъ граммъ (т.-е. масса одного грамма), движущійся равномерно со скоростью одного вѣлокса; этой единицѣ дано названіе *эрга* (отъ греч. *έργον*—работа \*).

Идя далѣе, можно сказать, что стремленіе движущагося тѣла къ движенію возрастаетъ при увеличеніи ускоренія, не измѣняется въ томъ случаѣ, если ускореніе остается постояннымъ, т.-е. одинаковымъ въ любой моментъ, и, наконецъ, уменьшается при уменьшеніи ускоренія. Это то стремленіе принято называть *силою*, величину послѣдней въ данный моментъ выражаютъ произведеніемъ массы движущагося тѣла на ускореніе въ рассматриваемый моментъ, а за направленіе ея считаютъ направленіе ускоренія. Отсюда нужно заключить, что единица силы есть такая сила, которая сообщаетъ одному грамму равномерно-переменное движеніе съ ускореніемъ въ одинъ акселераль; эту единицу называютъ *динью* (отъ греч. *δύναμις*—сила \*\*).

Въ то время какъ масса тѣла остается неизмѣнной при всякомъ положеніи его, *этотъ* тѣла есть, напротивъ того, величина измѣняющаяся съ положеніемъ тѣла; *вѣсъ* тѣла въ какомъ-либо мѣстѣ опредѣляется по его массѣ и ускоренію; другими словами, это есть *сила тяжести* въ данномъ мѣстѣ. Такъ какъ ускореніе движенія при свободномъ паденіи тѣла остается одинаковымъ въ любой моментъ, то, слѣдовательно, и самая сила, приводящая тѣло въ движеніе, должна быть постоянною и величина ея не должна зависетьъ отъ приобретенной тѣломъ скорости. Такимъ образомъ, сила эта, или *этотъ* тѣла, остается неизмѣнною въ теченіе паденія; въ механикѣ она выражается одною и тою же величиной, безразлично, покоится ли тѣло на землѣ, лежитъ ли оно на столѣ, подвѣшено на нити, поддерживается пружиной, и проч.

\*) Вычислимъ, чему равна кинетическая энергія пули, имѣющей массу 20 граммовъ и движущейся со скоростью 62000 вѣлоковъ. Масса равна 20. Квадратъ скорости есть  $62000 \times 62000 = 3844000000$ ; половина произведенія массы на квадратъ скорости есть  $10.3844000000 = 38440.000.000$ . Это число можно писать:  $3844 \times 10^7$  представляя его въ видѣ  $3844.10000000$  и замѣтивъ, что  $10000000$  есть  $7$ -я степень  $10$ -ти, т.-е.  $10$  взято множителемъ  $7$  разъ ( $10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10$ ). Такой приблизительно кинетической энергіей обладаетъ пуля въ моментъ вырванія изъ рукъ ея Дебеля.

\*\*) Такъ какъ ускореніе движенія массы одного грамма при свободномъ паденіи равно 901 акселералу, то сила, приводящая ее движеніе, равна 981 динѣ. Это-то число динѣ и называется *силою тяжести*. Какъ показываетъ опытъ, ускореніе при паденіи нѣкоторой массы является величиной постоянной для опредѣленнаго мѣста, но оно измѣняется съ измѣненіемъ широты и высоты. Если на полюсѣ оно равно 983,11 акселерала, то на экваторѣ оно равно лишь 978,1 акцеля; потому одной и той же массѣ—одному грамму на полюсѣ соответствуютъ сила 983,11 динъ, а на экваторѣ—978,1 динъ; говорятъ также, что сила тяжести въ какомъ-либо мѣстѣ есть *этотъ* граммъ въ данномъ мѣстѣ. Если одинъ граммъ равенъ 981 динѣ, то вѣсъ массы 26 граммовъ будетъ равенъ  $26 \times 981 = 24526$  динамъ. Ускореніе тяжести нѣмѣруется обыкновенно при помощи маятника. Величайшій изъ существующихъ маятниковъ устроенъ въ недавнее время Маскарози на Эйфелевой башнѣ; привѣшенный ко второй платформѣ башни, онъ нижнимъ своимъ концомъ достигаетъ самой земли.

Если два движущихся тѣла связаны между собой такимъ образомъ, что могутъ двигаться въ противоположныя стороны (фиг. 424), то говорить, что эти тѣла имѣютъ одинаковое стремленіе къ движению, или иначе—что они, находясь въ покое, *въ равновѣсіи*, подвержены дѣйствію равныхъ и противоположныхъ силъ. Поэтому, если известна величина одной изъ этихъ двухъ силъ въ динахъ, то тоже число динахъ будетъ выражать и другую \*).

\*) На этомъ именно принципѣ основано устройство такъ-называемыхъ *динамометровъ*,—приборовъ, служащихъ для измѣренія силъ (фиг. 429). Пружина, неподвижно укрѣпленная на одномъ концѣ, несетъ на другомъ указатель, движущійся вдоль скалы. Для полученія последней пружину сжимаютъ рядомъ опредѣленныхъ грузовъ и при каждомъ грузѣ записываютъ его величину на томъ мѣстѣ, гдѣ остановившагося указатель. Такимъ образомъ всякая другая сила, въ предѣлахъ скалы, легко опредѣлится по тому числу, къ которому она приведетъ указатель пружины, будучи приложена къ послѣдней вѣсто груза.

На фигурахъ 199 и 200 мы видѣли динамометры, служащіе для измѣренія электрической силы или—при замѣнѣ намагниченныхъ париковъ магнитами—силы магнитной.

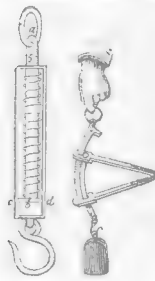
Если пружина динамометра сжимается въ воздухѣ до нѣкотораго числа скалы грузовъ въ  $p$  динахъ, то въ водѣ, какъ легко убѣдиться, сжатіе пружины тѣмъ же грузомъ окажется меньше и будетъ соответствовать меньшей числу динахъ, положимъ числу  $p'$ . Это выражаютъ, говоря, что взвѣтый грузъ испытываетъ со стороны воды известное *давленіе*, равное  $p - p'$  динамъ. Извѣстная жидкость, находимъ, что измѣняется и давленіе, ею оказываемое, и что это давленіе всегда равно *вѣсу вытѣсненной погруженнымъ тѣломъ жидкости*. Этотъ законъ принадлежитъ Архимеду. Доказывается онъ слѣдующимъ образомъ. Если, уравновѣсивъ вѣсомъ въ воздухѣ, погрузимъ въ какую-нибудь жидкость цилиндрикъ  $P$ , привѣшенный подъ одной изъ чашекъ, то равновѣсіе нарушится; для того, чтобы оно восстановилось, нужно наполнить томъ же жидкостью сосудецъ  $C$ , емкость котораго какъ разъ равна объему цилиндрика  $V$  (фиг. 425).

Если давленіе меньше вѣса тѣла, то послѣднее, будучи опущено въ жидкость, тотчасъ же тонетъ; такой приборъ представляетъ свѣнецъ въ водѣ. Если давленіе равно вѣсу тѣла, то послѣднее остается въ равновѣсіи, будучи вполнѣ окружено жидкостью, въ любомъ положеніи; подобное явленіе мы наблюдаемъ на каплѣ масла, пошвыщенной въ надлежащую смѣсь изъ воды и спирта. Наконецъ, если давленіе больше вѣса тѣла, то тѣло плаваетъ на жидкости, будучи погружено въ послѣднюю какъ разъ настолько, что вѣсъ вытѣсненной при этомъ жидкости равенъ какъ разъ вѣсу тѣла; этимъ объясняется плаваніе во вѣсѣхъ его выдатъ—плаваніе людей, животныхъ, судовъ и проч.; благодаря этому же легко опредѣлять вѣсъ кубического сантиметра различныхъ жидкостей,—такъ-называемые *удѣльные вѣсы* послѣднихъ. Если, наприм., тѣло обѣежомъ въ 3 кубич. сантиметра неспытываетъ въ данной жидкости давленіе въ 30 динахъ, то удѣльный вѣсъ этой жид-

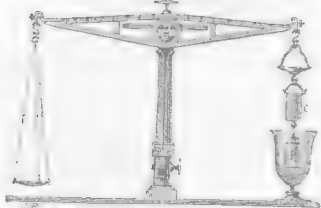
кости равенъ  $\frac{30}{3}$ , или 10. Раздѣливъ удѣльный вѣсъ какой-нибудь жидкости, опредѣленный для Парижа, на ускореніе тяжести, т. е. на 901—число акселераций для названнаго пункта,—получимъ величину массы кубическаго сантиметра взятой жидкости,—число, называемое также *абсолютной плотностью* жидкости. *Плотность* же какого-либо тѣла по отношенію къ другой тѣлу, иначе—*относительная плотность* его есть частное отъ дѣленія абсолютной плотности перваго на такую же плотность втораго. Обыкновенно плотности различныхъ твердыхъ тѣлъ и жидкостей относятъ къ плотности воды при 4° Ц., а плотности газовъ берутся по отношенію къ воздуху.

Тѣло, погруженное въ атмосферу какого-нибудь газа, испытываетъ со стороны ея известное давленіе, также какъ въ случаѣ жидкостей, подчиняющееся закону Архимеда, здѣсь давленіе это называется *подъемною силою* газа; этимъ давленіемъ объясняется поднятіе извѣстныхъ тѣлъ въ воздухѣ—возможность воздухоплаванія. Если два шара—большой полой и малый сплошной—уравновѣшиваются другъ друга въ воздухѣ, то въ сосудѣ, изъ котораго постепенно выкачивается воздухъ, коромисло вѣсовъ все болѣе и болѣе наклоняется въ сторону большаго шара, вслѣдствіе того, что при выкачиваніи воздуха мало-по-малу исчезаетъ сравнительно большое давленіе воздуха на полой шаръ (фиг. 426).

Погружая въ сосудъ съ жидкостью (фиг. 428) трубку, дномъ которой служитъ приложенная къ нижней ея отверстію тоненькая стеклянная пластина. Для того, чтобы пластина отпала, требуется,



Фиг. 424.—Динамометры.



Фиг. 425.—Законъ Архимеда.

О силѣ, перемѣщающей по ее собственному направленію, говорятъ, что она совершаетъ известную *работу*; эту работу выражаютъ произведеніемъ силы на перемѣщеніе. За единицу работы въ системѣ С.Г.С. принимается работа,

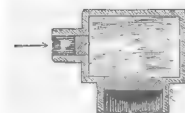
чтобы уровни однородной жидкости въ трубкѣ и въ сосудѣ сдѣлались одинаковыми. Опытъ показываетъ, что то же самое наблюдается, если въистотрубки влить какой бы то нибыло формы, лишь бы дномъ и высота сосуда были тѣ же. Это выражаютъ, говоря, что жидкость, окружающая трубку (или иной сосуд на мѣстѣ трубки), производитъ на дно ея *давленіе*, направленное снизу вверх, перпендикулярно къ поверхности дна, и равное, въ днахъ, вѣсу столба жидкости, основаніе котораго равно площади дна, а высота—расстоянію центра дна отъ уровня жидкости въ сосудѣ. Частное отъ дѣленія числа дна, выражающаго давленіе жидкости на дномъ, на число квадратныхъ сантиметровъ, выражающее площадь дна,—это то частное и называется давленіемъ жидкости въ мѣстѣ нахожденія дномъ; единицъ давленія соответствуютъ давленіе одной дини на 1 квадратный сантиметр. Ясно, что подобнымъ же образомъ измѣряется и давленіе, оказываемое жидкостью на ту или иную часть стѣнки сосуда.



Фиг. 426.

Если влить такой сосудъ, какой изображенъ на фигурѣ 427, у котораго нижнее отверстіе закрываетъ площадь, въчетверо большую, нежели боковое, то, при покой, давленіе на послѣднее будетъ въчетверо меньше, чѣмъ на нижнее. Паскаль, впервые замѣтившій это явленіе, выражаетъ его слѣдующимъ образомъ: „Если мы вѣдемъ замкнутый со всѣхъ сторонъ сосудъ, наполненный водою, въ стѣнкахъ котораго сдѣлаемъ два отверстія, изъ которыхъ одно во сто разъ больше другого, и которыя оба снабжены приходящимися къ нимъ поршнями, то сила проталкиванія малого поршня однимъ человѣкомъ будетъ уравновѣшивать силу ста человѣкъ, давящихъ на большой поршень, и побѣдитъ давленіе до пятидесяти человѣкъ“. На этомъ то началъ и основанъ гидравлическій прессъ.

Въ 1847 г. Паскаль произвелъ въ Руанѣ свой знаменитый опытъ, который наглядно показываетъ, что ничтожнымъ количествомъ воды можно произвести колоссальное давленіе. Онъ вдвинулъ въ верхнее дно бочки высокую и длинную трубку и, по наполненіи бочки водою, наполнилъ послѣднюю и трубку. Положивъ, что вода поднимается на 10 метровъ отъ нижняго дна бочки, площадь котораго равна 1 квадратному метру, т.-е.  $100 \times 100 = 10000$  квадратныхъ сантиметровъ. Согласно сказанному выше, давленіе на это дно бочки должно было равняться вѣсу столба воды, котораго основаніе равно 10000 квдр. сантиметровъ, а высота—1000 сантиметровъ, т.-е. вѣсу десяти миллионъ кубич. сантим. воды, что составляетъ приблизительно  $10^7 \times 981$  динъ и соответствуетъ массѣ 100000 килограммовъ. Понятно, что такого давленія бочка выдержать не можетъ, что она должна лопнуть. Каждый метръ воды, прилитый въ трубку, увеличиваетъ давленіе на дно на вѣсъ



Фиг. 427.

массы 1000 килограммовъ, а между тѣмъ такое поднятіе уровня можно было произвести прибавленіемъ самаго ничтожнаго количества воды, если трубка достаточно узка.

Подобно жидкостямъ, и газы производятъ давленіе на стѣнки заключающихъ ихъ сосудовъ, но газы отличаются отъ жидкостей своей *расширяемостью*, т.-е. способностью разсыпаться во всемъ, предоставленномъ имъ пространствѣ. Давленіе газа представляетъ себѣ такъ же, какъ давленіе жидкости. Посмотримъ, какъ доказываются расширяемость газа и измѣряется его сила. Введемъ подъ колоколъ воздушнаго насоса пузырь, полунаполненный воздухомъ и запертый крапомъ. Какъ только начнется выкачиваніе воздуха, пузырь тотчасъ же надувается: заключенный въ немъ воздухъ напирываетъ его стѣнки до крайней степени. Но стоитъ впустить воздухъ подъ колоколъ, чтобы пузырь сжался и принялъ свой первоначальный видъ. Расширительную способность газовъ можно также демонстрировать слѣдующимъ образомъ. Подъ колоколъ воздушнаго насоса помѣщаютъ бутылку, плотно закупоренную пробкой, слегка смазанной жиромъ; какъ только произведено нѣкоторое разрѣженіе воздуха, пробка тотчасъ же выскакиваетъ. Въ томъ и другомъ опытѣ воздухъ можно замѣнить какими-либо иными газами. Такимъ образомъ, совершенно ясно, что газъ стремится занять какъ



Фиг. 428.

можно больше пространства, и если ему будетъ предоставлено нѣкоторое пустое пространство, то онъ наполнитъ его, какъ бы оно ни было велико. Каково-бы ни было пространство, занимаемое газомъ, этотъ послѣдній всегда оказывается на стѣннъ вмѣщающаго его сосуда известное давленіе; мѣркой для сравненія служатъ давленіе газа на 1 квдр. сантиметръ площади.

Беспрѣдѣльная расширяемость газовъ, въ силу которой они стремятся занять какъ можно большее пространство, какъ будто стоитъ въ противорѣчій съ дѣйствіемъ силъ тяжести; оттого-то долгое время принимали, что воздухъ—вещество невѣсомое. Правда, уже Аристотель склоненъ былъ приписывать воздуху нѣкоторый вѣсъ, но не былъ въ состояніи доказать справедливости подобнаго воззрѣнія. Что воздухъ дѣйствительно обладаетъ вѣсомъ, впервые доказано было Галлеемъ, который вывѣсилъ одинъ и тотъ же баллонъ—сначала—наполненный воздухомъ, находившимся подъ обыкновен-



произведенная перемѣщеніемъ одной динны на разстояніе одного сантиметра \*). Какъ доказывается въ механикѣ, работа затраченная на перемѣщеніе силы, измѣняется въ каждый данный моментъ величиной, приобретенной кинетической энергіей. Оттого-то произведенная силой *работа* выражается въ тѣхъ же единицахъ, какъ *энергія*, т.-е. въ эргахъ. Такимъ образомъ система, образуемая съ

вѣнскимъ давленіемъ, а потому сжатіемъ воздуха; большій вѣсъ баллона во второмъ случаѣ доказываетъ, что воздухъ—тѣло вѣсомое.

Въ 1660 г. то же самое доказалъ самымъ положительнымъ образомъ Отто Герике: онъ взялъ баллонъ большой емкости сначала пустой (выкачанъ изъ него весь воздухъ), а потомъ—наполненный воздухомъ; оказалось, что съ воздухомъ баллонъ вѣситъ больше, нежели пустой. Реньо, повторившій только-что указанный опытъ съ соблюденіемъ всѣхъ необходимыхъ предосторожностей, нашелъ, что въ тающемъ лѣдѣ на высотѣ уровня моря 1 литръ сухого воздуха вѣситъ  $1,298 \times 981$  динъ.

„До тѣхъ поръ,—говоритъ Био,—пока физика не считалась опытной наукой, т.-е. до Галилея, господствовало мнѣніе, что нигдѣ въ пространствѣ не можетъ быть отсутствія вещества; это воззрѣніе выражали, говоря, что природа боится пустоты. Оттого фактъ поднятіе воды въ насосъ при подъемѣ поршня объясняли тѣмъ, что поршень, поднимаясь вверхъ, стремится произвести пустоту въ трубѣ, но такъ какъ природа боится пустоты, то вода при этомъ быстро устремляется на сжину уходящему поршню. Въ то время никому не приходило въ голову столь естественный вопросъ: какъ можно приписывать природѣ, которая вѣдь есть не что иное, какъ совокупность явленій, такіе же чувства, каковы одарены живныя существа? Какъ можно допустить, чтобы природа боялась?—Однажды флорентіаскіе фонтанчики, построенныя очень высокой насосъ съ цѣлью поднять воду на большую высоту, чѣмъ она обыкновенно поднималась ранѣе, замѣтили, что вода поднимается, однако же, лишь на высоту приблизительно 32 футовъ, что выше она никакъ не *хочетъ* идти. Пораженные этимъ происшествіемъ, рабочіе обратились за разъясненіемъ его къ Галилею. Послѣдній смѣясь надъ рабочими, отвѣчалъ, что природа, должно быть, боится пустоты лишь до высоты 32 футовъ.

Вѣроятно, уже Галилей полагалъ, что описанное явленіе, какъ и другія, ему подобныя, суть лишь необходимое слѣдствіе того, что воздухъ обладаетъ вѣсомъ; но, очевидно, онъ не отважился счесть рѣшеніемъ этого столь новый вопросъ и предпочелъ отдалиться отъ фонтанчиковъ вышеприведенной уверткой, оставивъ про себѣ свое истинное мнѣніе на этотъ счетъ. Такъ онъ и умеръ, не распространяя его, и только его ученикъ Торичелли, путемъ чрезвычайной остроумности опыта, произведеннаго имъ въ 1643 г., самымъ нагляднымъ образомъ показалъ справедливость открытія, сдѣланнаго Галилемъ“.

Онъ взялъ стеклянную трубку въ 1 метръ длиною, закрытую съ одного конца, и наполнилъ ее ртутью; затѣмъ, заткнувъ пальцемъ открытый конецъ трубки, перевернулъ послѣднюю и погрузилъ ее въ чашку со ртутью. Какъ только онъ отнялъ палецъ, ртуть тотчасъ же опустилась въ трубкѣ и остановилась на высотѣ приблизительно 28 дюймовъ надъ уровнемъ ртути въ чашкѣ. Такъ какъ ртуть въ 13,6 разъ тяжелѣе воды при равномъ объемѣ, то давленіе воздуха, заставляющее воду подниматься на высоту 32 футовъ, должно поднимать ртуть на высоту, въ 13,6 раза меньшую, т.-е. на 28 дюйм. Гей-Люссака.

новъ. Въ опытѣ Торичелли, пространство между верхнимъ концомъ трубки и уровнемъ ртути въ послѣдней, очевидно, не было занято ничѣмъ,—здесь была пустота.

Если ртуть держится въ трубкѣ на вѣстной высотѣ надъ уровнемъ жидкости въ чашкѣ, то это зависитъ отъ давленія атмосфернаго воздуха на содержащуюся въ чашкѣ ртуть. Приборы, служащіе для измѣренія давленія газовъ вообще называются *барометрами*. Но обыкновенно приборы, при помощи которыхъ измѣряется давленіе какого-либо газа или пара, называютъ *манометрами*, оставляя названіе *барометровъ* исключительно для тѣхъ случаевъ, посредствомъ которыхъ измѣряется давленіе атмосферы, знаніе котораго абсолютно необходимо для производства манометрическихъ наблюденій.

Барометръ и нигдѣ не устраняется такъ, какъ устранялъ его Торичелли. Существенное условіе, которому долженъ удовлетворять хорошій барометръ, состоитъ въ томъ, чтобы пустота верхней части барометрической трубки была какъ можно болѣе совершенна; для этого трубка должна быть вполнѣ



Фиг. 429.—  
Нормальный  
барометръ.

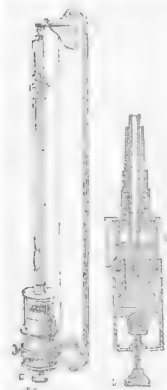


Фиг. 430.—  
Вакуумъ  
барометръ.

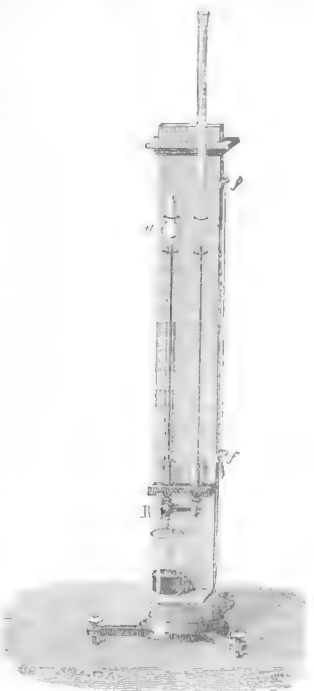
\*) Гривъ въ 1000 динъ, падающій съ высоты 1000 сантиметровъ надъ поверхностью земли, производитъ, при своемъ паденіи, работу равную  $1000 \times 1000 = 1$  миллиону единицъ С.У.С. По мѣрѣ приближенія къ землѣ скорость паденія, а вмѣстѣ съ тѣмъ и кинетическая энергія быстро возрастаютъ.

одной стороны, грузомъ въ 1000 динъ, помещающемся на высотѣ 1000 сантиметровъ отъ земли, а съ другой—землею, обладаетъ потенциальной энергіей, равной 1 миллиону эрговъ, превращающейся при паденіи тѣла въ кинетическую энергію. Понятно, что дѣйствіе всякаго двигателя определяется его такъ-называемою *силой*, т.-е. величиной *работы*, которую онъ можетъ совершить въ единицу времени (одну секунду). Обыкновенно величина работы, вмѣщающаяся въ распоряже-

освобождена отъ воздуха и плотно пристающихъ къ ея стѣнкамъ водяныхъ паровъ. Берутъ обыкновенно трубку въ 1 метръ длиною и въ 3 сантиметра діаметромъ. Къ верхнему ея концу припаяваютъ боковую трубку, погруженную въ ртуть, очищенную кипяченіемъ. Воздухъ вытѣкаютъ помощью ртутнаго насоса черезъ верхній вытянутый конецъ трубки, помѣщенный въ желѣзномъ футлярѣ и нагреваемый въ наклонномъ положеніи. По мѣрѣ того, какъ воздухъ постепенно разрѣжается ртуть капля за каплей падаетъ въ боковую трубку. Операция эта продолжается нѣсколько дней, но за то пространство, заключенное въ верхней части барометрической трубки, получается дѣйствительно совершенно пустое, не содержащее ни малѣйшихъ слѣдовъ воздуха и водяныхъ паровъ. По окончаніи операціи вытянутый конецъ трубки отсѣкается и послѣдняя опрокидывается въ чашку со ртутью. Если желательно приготовить *нормальный барометръ* (фиг. 429), т.-е. такой, показанія котораго можно было бы считать вполне точными и по которымъ можно было бы поверить показанія другихъ барометровъ, то, наполнивъ барометрическую трубку ртутью по только-что изложенному способу, поступаютъ слѣдующимъ образомъ. На вертикальной доскѣ располагаютъ линейку съ дѣлениями и рядомъ съ линейкой помѣщаютъ барометрическую трубку, при помощи зрительной трубки, могущей вращаться около вертикальной оси, определяя уровень ртути въ трубкѣ и, повернувъ трубку, замѣчаютъ соответствующее ея дѣленіе скалы. При помощи такой же зрительной трубки определяютъ, какое дѣленіе линейки соответствуетъ верхнему острію вѣнта, установленнаго рядомъ съ барометрической трубкой и касающагося нижнимъ своимъ остриемъ поверхности ртути въ чашкѣ. Разность полученныхъ чиселъ плюсъ длина вѣнта и показываетъ барометрическую высоту. Точность такого барометра, если не принимать во вниманіе ошибокъ при проведеніи наблюденій, вполне определяется точностью употребленной скалы. Для того, чтобы наблюденія, произ-



Фиг. 431.— Барометръ Фортона.



Фиг. 432.— Открытый (со свободнымъ воздухомъ) манометръ Ренью.

веденныя при различныхъ условіяхъ и различными наблюдателями были сравнимы между собою, условились всякое показаніе барометра всегда приводить къ температурѣ таинія льда.

Такъ какъ среднее давленіе атмосферы при уровнѣ моря уравновѣшивается ртутнымъ столбомъ въ 76 сантиметровъ, то всякому газу, уравновѣшивающему, въ Парижѣ, такой же столбъ ртути, приписываютъ давленіе, равное давленію земной атмосферы, или какъ говорятъ, равное одной *атмосферѣ*.

Нормальный барометръ представляетъ собою приборъ, неудобный для переноски и неупотребляющійся для обычныхъ опредѣленій. Для такихъ опредѣленій обыкновенно пользуются барометрами Гей-Люссакъ (фиг. 430), Фортона (фиг. 431) или настоящими динамометрами, извѣстными подъ названіемъ металлическихъ барометровъ. Для измѣренія значительныхъ давленій употребляютъ *манометры*, изъ которыхъ наиболѣе точнымъ является открытый (со свободнымъ воздухомъ) манометръ

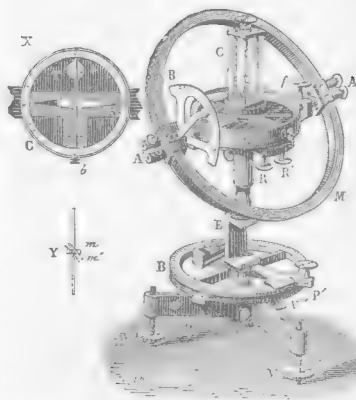
ніи на валу двигательной машины, опредѣляется при помощи такъ-называемаго *тормоза Прони* (фиг. 433), который, въ сущности, есть не что иное, какъ особый родъ вѣсовъ.

При изученіи электрическихъ явленій физики, кромѣ перечисленныхъ величинъ, приходится пользоваться еще и многими другими. Но очевидно, что при измѣреніи притяженія и отталкиванія между наэлектризованными тѣлами, магнитами, между токами и магнитами, или, наконецъ, между то-



Фиг. 433. — Тормоз Прони.

ками, всѣ электрическія или магнитныя величины могутъ быть сведены къ величинамъ механическимъ, т. е. отнесены къ системѣ С. G. S. Къ послѣдней можно придти тѣмъ или инымъ путемъ, смотря потому, что принять за точку отправленія. Мы вкратцѣ рассмотримъ единицы, принятія на конгрессѣ 1881 года и употребляемыя нынѣ на всемъ земномъ шарѣ. Но предварительно нужно остановиться на нѣкоторыхъ уже извѣстныхъ намъ явленіяхъ и законахъ.



Фиг. 434. — Гальванометръ, или bussolъ Пуллэ.

Ренью (фиг. 432). Онъ состоитъ изъ двухъ вертикальныхъ стеклянныхъ трубокъ, укрѣпленныхъ на деревянной доскѣ М и вмастиченныхъ въ чугунный кранъ о трехъ ходахъ—К, посредствомъ котораго можно: или сообщить обѣ манометрическія трубки, такъ что ртуть выливается не будетъ, или сообщить обѣ трубки одну съ другой и съ наружнымъ воздухомъ, или, наконецъ, сообщить съ наружной атмосферой каждую трубку отдѣльно. При первомъ положеніи крана давленіе газа выражается разностью уровней ртуть въ обѣихъ трубкахъ, плюсъ барометрическая высота во время наблюденія. Помощью описаннаго прибора Ренью измѣряютъ давленіе въ 30 атмосферъ. Длиннымъ колышкомъ служило въ опредѣленіяхъ Ренью трубка, составленная изъ нѣсколькихъ тѣсно соединенныхъ между собою трехметровыхъ трубокъ, которыхъ стѣнки были толщиной въ 5 миллиметровъ, а внутренний діаметръ равнялся 10 миллиметрамъ. Манометръ былъ укрѣпленъ на оловяной доскѣ, прибитой къ стѣнѣ въ башнѣ, принадлежавшей вѣдному Французской коллегіи; но такъ какъ высота башни не болѣе 9 метровъ, то онъ продолжалъ ее толстой доской до 30 метровъ. Въ настоящее время на башнѣ Эйфеля установленъ манометръ, у котораго открытое колыно достигаетъ высоты около 300 метровъ.

Въ издустіи открытые манометры не употребляются, благодаря ихъ громадности. Здѣсь употребляются манометры со сжатымъ воздухомъ. Такой манометръ представляетъ собою закрытую трубку, въ нижней части которой выключается ртуть, а надъ послѣднею—сухой воздухъ подъ давленіемъ одной атмосферы. Если трубка сообщается съ резервуаромъ, въ которомъ содержится газъ или паръ, обладающій давленіемъ (упругостью) одной атмосферы, то уровни ртуть въ обѣихъ колынахъ стоятъ на одной высотѣ; въ случаѣ же болѣе упругаго газа уровень ртуть въ колынахъ, не сообщавшихся съ резервуаромъ, стоитъ выше, чѣмъ въ другомъ. Градуированіе такихъ приборовъ производится по сравненію съ открытыми манометрами.

Часто пользуются металлическимъ манометромъ Бурдона (фиг. 402). Онъ состоитъ изъ тонкостѣнной жѣдной трубки съ овальнымъ сѣченіемъ. Закрытый конецъ трубки соединенъ въ *b* со стрѣлкой, движущейся по циферблату, открытый же конецъ посредствомъ крана *d* сообщается съ приемникомъ, содержащимъ какой-нибудь газъ или паръ. Смотра по величинѣ упругости того газа, который сообщается съ трубкой и давитъ на стѣнки послѣдней, эта трубка свертывается еще болѣе (при упругости, болѣе одной атмосферы) или же развертывается (при упругости, меньшей одной атмосферы). И этотъ приборъ градуируется по открытому манометру.

На этомъ же началѣ основанъ и металлическій барометръ Бурдона. Но здѣсь изъ трубки воздухъ вытѣнутъ, и закрываніе или разгибаніе ея производится уже давленіемъ на стѣнки внѣшней атмосферы.

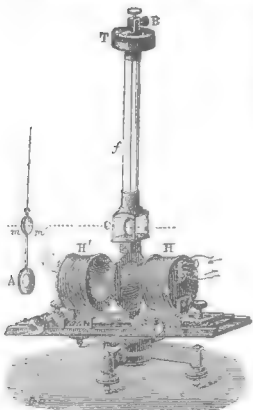
Мы знаемъ, что количество электролита, разложенное въ вольтметрѣ за известный промежутокъ времени, будетъ совершенно одинаково, гдѣ-бы на протяжении цѣпи вольтметръ ни былъ помѣщенъ. Точно такъ же и стрѣлка гальванометра \*) введеннаго въ данную цѣпь, отклоняется всегда на одинъ и тотъ же

Паскаль и Перье показали въ 1648 году, что давленіе атмосферы при увеличеніи высоты надъ уровнемъ моря уменьшается. Это впоследствии подтвердили и другіе ученые, поднимавшіеся на высокія горы, наприм., Соссюръ, всходящій на Монбланъ въ 1788 г. и Гумбольдтъ, производившій свои наблюденія на вершинахъ Кордильеръ. Еще поучительнѣе въ этомъ отношеніи оказались результаты, добытые при воздушныхъ путешествіяхъ, совершенныхъ съ научною цѣлю. Первый, производившій подобныя наблюденія, былъ Робертсонъ, поднявшійся въ 1803 г. на высоту 7400 метровъ. Біо и Гей-Лиссакъ поднялись на 7000 метровъ; Гюетеръ и Коксуалъ 15-го сентября 1862 г. поднялись на 8838 метровъ; 15-го апрѣля 1875 г. Тисандье, Синваль и Кроче-Синналли достигли на аэростатѣ *Зенитъ* высоты 8600 метровъ; послѣдніе двое заплатились жизнью за это путешествіе. На этой высотѣ барометръ показывалъ всего только 26 сантиметровъ.

Изъ предыдущаго видно, что упругость одного и того же газа въ различныхъ случаяхъ бываетъ различна. Оттого, сравнивая между собою результаты наблюденій надъ тѣми или иными газами, всегда необходимо знать величину ихъ упругости во время наблюденія. Мариоттъ установилъ приближительный, но простой законъ, выражающій отношеніе упругости всякаго газа къ занимаемому имъ объему. По этому закону, для одной и той же массы газа объемъ обратно пропорционаленъ упругости; такъ, наприм., при уменьшеніи упругости вдвое, объемъ увеличивается вдвое.

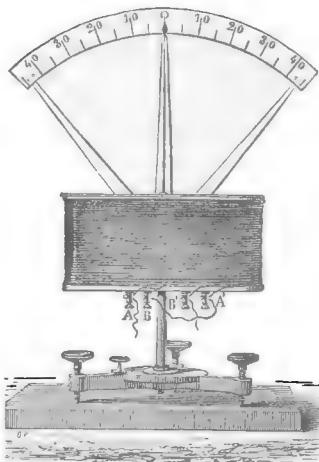
\*) Принципъ *гальванометровъ* былъ уже указанъ нами на стр. 78; здѣсь мы описываемъ наиболѣе употребительные изъ названныхъ приборовъ. Въ гальванометрѣ, или буссоли Пулье (фиг. 434) проволока, по которой проходитъ электрическій токъ, намотана на деревянную рамку АА. Около вертикальной оси, проходящей черезъ центръ этой рамки, по круговой горизонтальной скалѣ С движется магнитная стрѣлка; уголъ поворота системы М опредѣляется помощью алидады Р, движущейся по раздѣленному кругу одновременно съ этой системой. Вокругъ вертикальной установкѣ рамки М производится при помощи винтовъ V.

Въ гальванометрѣ Видмана (фиг. 435) токи пропускаются



Фиг. 435. — Гальванометръ Видмана.

въ двѣ катушки Н и Н', которыя можно приближать или удалять одну отъ другой, благодаря поддерживающимъ ихъ салазкамъ. Магнитный указатель А, имѣющій круглую форму, помѣщается внутри полого мѣднаго шара S, назначеніе котораго — погашать возбуждающіеся въ немъ индуктивныя токи качанія стрѣлки (указателя). Послѣдняя несетъ на себѣ, помѣщенное въ стеклянной камерѣ С зеркальце *т.т.*, посредствомъ котораго, по методу Потгендорфа, опредѣ-

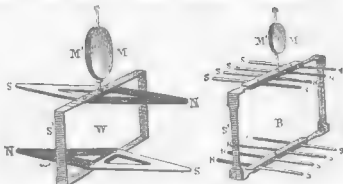


Фиг. 436. — Гальванометръ Бурбуа для обычныхъ наблюденій.

ются отклоненія стрѣлки, и подвѣшена въ В, на нити f. Поддержка В можетъ вращаться надъ раздѣленнымъ кружкомъ Т. Три ножки прибора также снабжены установочными винтами. Въ гальванометрѣ д'Арсонна стрѣлка имѣетъ подковообразную форму. Бурбуа устроилъ гальванометръ, въ которомъ длинная стрѣлка, движущаяся по круговой скалѣ, качается подобно ножу у вѣсовъ. Полюсы электрообутиля соединяются съ борнами А и В'.

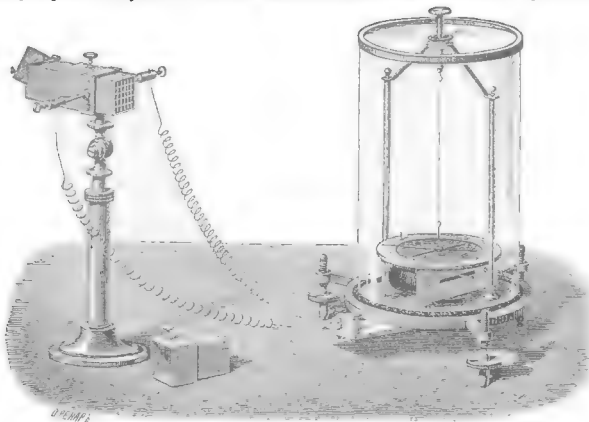
уголъ, каково бы ни было положеніе гальванометра въ цѣпи. Проявляя подобныя наблюденія надъ различными токами, мы убѣждаемся въ томъ, что вѣсъ разложеннаго электролита измѣняется въ одномъ направленіи съ угломъ отклоненія стрѣлки: оба увеличиваются и уменьшаются при однихъ и тѣхъ условіяхъ. Тотъ и другой, очевидно, опредѣляются силой тока, и потому могутъ служить мѣриломъ для сравненія силъ различныхъ токовъ, какъ бы ни представляли себѣ ближайшую сущность электрическаго тока.

Для того, чтобы уничтожить или, по крайней мѣрѣ, ослабить въ значительной степени дѣйствіе земнаго магнитнаго поля на стрѣлку гальванометра, чтобы сдѣлать послѣдній достаточно чувствительнымъ, готовятъ не простую магнитную стрѣлку, а какъ говорятъ, *астатическую*, т.-е. состоящую изъ двухъ параллельныхъ между собою стрѣлокъ обращенныхъ противоположными концами. На фигурѣ 437 въ W изображена такая астатическая система. По перегибшю луча, отражаемаго зеркаломъ MM', судятъ о величинѣ отклоненія стрѣлки. Въ B мы видимъ астатическую систему, состоящую изъ восьми стрѣлокъ, обращенныхъ—четыре въ одну и четыре въ противоположную сторону. Въ гальванометрѣ Нобили (фиг. 438) астатическая система приращенная на нити къ винту, покрывающейся въ верхней части прибора, состоитъ изъ двухъ стрѣлокъ, изъ которыхъ одна движется внутри катушки, а другая—нитъ послѣдней, надъ мѣднымъ кружкомъ, служащимъ для успокоиванія колебательныхъ движеній стрѣлки. Этотъ приборъ отличается большою чувствительностью.



Фиг. 437.—Астатическія системы магнитныхъ стрѣлокъ.

Въ гальванометрѣ Томсона (фиг. 439) каждая изъ стрѣлокъ или системъ стрѣлокъ движется внутри двухъ рядовъ катушекъ, имѣющихъ противоположныя обмотки. Каждый рядъ состоитъ изъ

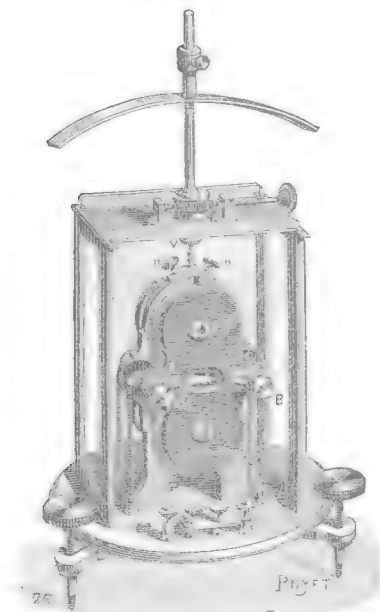


Фиг. 438.—Гальванометръ Нобили, введенный въ цѣпь термоэлектрическаго столбика (баттарей) Меллона.

двухъ катушекъ, укрѣпленныхъ въ вбонитовой оправѣ при помощи винтовъ В, В'. Успокоеніе производится треніемъ алюминиевой стрѣлки о частицы воздуха. Дугообразный магнитъ, могущій перемѣщаться по вертикальному стержню, позволяетъ уравновѣсить, компенсировать, какъ говорятъ, дѣйствіе земнаго магнитнаго поля на стрѣлку. Къ алюминиевой стрѣлкѣ прикрѣплено зеркальце. Описанный приборъ весьма совершененъ и пригоденъ для самыхъ разнообразныхъ наблюденій.

Гальванометръ Дюре и д'Арсоналя (фиг. 440) представляетъ ту замѣчательную особенность, что въ немъ магнитъ неподвиженъ, а движется проходнымъ токомъ катушка, которая подвѣшена на проволоку, служащей для входа и выхода тока; если эта проволока свернута въ видѣ пружины, то приборъ, какъ показалъ Эрнстъ Гераръ, дѣйствуетъ правильно.

Измѣривъ, при помощи вольтметра (см. стр. 277) силу какого-нибудь тока, проходящаго по мѣдной проволоки, имѣющей одинаковую толщину на всемъ озоємъ протяженіи, и погрузивъ въ калориметръ опредѣленную часть проволоки, увидимъ, что вода въ послѣднемъ нагреется. По способу, указываемому ниже, легко опредѣлить количество теплоты, число калорій, сообщенное токомъ испытуемой части проводника и переданное послѣднему калориметру. Повторяя указанный опытъ съ различными токами, Джауль нашелъ, что если силы токовъ относятся между собою, какъ числа: 1, 2, 3...., то количество развиваемой на



Фиг. 439. — Гальванометръ Томсона.

проводникѣ теплоты относятся, какъ: 1, 4, 9...., т.-е. какъ квадраты чиселъ: 1, 2, 3.... Если теперь въ томъ же опытѣ станемъ измѣнять размѣры вводимой въ калориметръ проволоки, то убѣдимся, что, если длина проволоки больше вдвое, втрое и т. д., то количество теплоты возрастаетъ вдвое, втрое и т. д.,

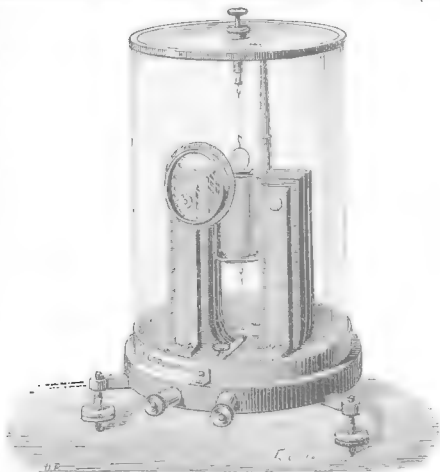
Если въ томъ или иномъ изъ подобныхъ снарядовъ замѣнить магнитъ токомъ, т.-е. надѣжащимъ образомъ расположить другъ надъ другомъ два тока—двѣ катушки, изъ которыхъ одна подвижна, а другая неподвижна, то получимъ приборъ, вѣстный подъ названіемъ *электродинамометра*. Въ электродинамометрѣ Пелла (*фиг. 441*) малая катушка сидитъ на одномъ концѣ коромысла вѣсовъ, въ другому концу котораго привѣшена чашка. На послѣдней уравнивается дѣйствіе большой катушки на малую, т.-е. стремленіе взаимно-перпендикулярныхъ осей обохъ катушекъ сдѣлаться параллельными одна другой.

Дѣйствіе токовъ при гальванометрическихъ измѣреніяхъ уравнивается или направляющимъ дѣйствіемъ земного магнитнаго поля, или силой крученія нити, на которой подвѣшена стрѣлка. Въ нѣкоторыхъ гальванометрахъ, какъ, наприм., въ буссоли Пулье магнитное поле (т.-е. поле тока) въ мѣстѣ помѣщенія стрѣлки дѣлается однороднымъ; тогда дѣйствіе тока на стрѣлку, т.-е. сила тока, можетъ быть выражено въ абсолютныхъ единицахъ.

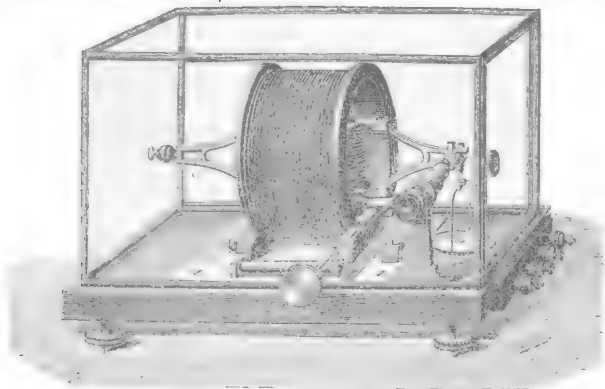
и, наоборотъ, уменьшается въ такомъ же отношеніи, при увеличеніи площади сѣченія вдвое, втрое и т. д. Наконецъ, количество выдѣляемой теплоты зависитъ и отъ вещества проводника: такъ, для серебра оно меньше, чѣмъ для мѣди и еще меньше, чѣмъ для желѣза. Коротко сказать, количество освобожденной теплоты обратно пропорціонально площади сѣченія проволоки  $s$  и прямо пропорціонально длинѣ проволоки  $l$  и нѣкоторому коэффициенту  $k$ , характеризующему вещество проводника \*).

Постоянный для данной проволоки множитель  $k \frac{l}{s}$ , который эта проволока вводитъ въ выраженіе количества теплоты, сообщенной ей токомъ, называется *сопротивленіемъ* проволоки электрическому току. Коэффициентъ  $k$  называется удѣльнымъ сопротивленіемъ вещества; онъ выражаетъ сопротивление единицы длинны при единичнѣ сѣченія.

О сопротивленіи проволоки току говорятъ по аналогіи съ сопротивленіемъ, оказываемымъ трубкой течению по ней жидкости. Извѣстно, что при равномерномъ теченіи жидкости по трубкѣ, черезъ каждое сѣченіе послѣдней за одинъ и тотъ же промежу-



Фиг. 440.— Гальванометръ Дебре и д'Арсонваля.



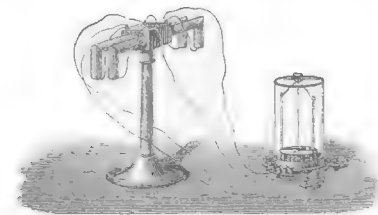
Фиг. 441.— Электро-динамометръ Пеллѣ (малый образецъ).

токъ времени проходитъ одно и то же количество жидкости; съ другой стороны, вслѣдствіе тренія о стѣнки трубки, представляющаго для теченія нѣкоторое сопротивление, жидкость нагревается. Уподобляя электричество жидкости, а электрическій токъ—теченію жидкости по трубкѣ, легко понять, что въсо-

вое количество электролита, разложенное за известное время, а также показание гальванометра должны быть одни и тѣ же для всякаго положенія вольтметра и гальванометра на протяженіи цѣпи, такъ какъ черезъ всякое сѣченіе проволока за одно и то же время проходитъ одно и то же количество электричества (предполагается, что скопления послѣдняго не можетъ образоваться нигдѣ на протяженіи цѣпи); вмѣстѣ съ тѣмъ становится понятнымъ, что нагреваніе проводника происходитъ вслѣдствіе тренія электричества о частицы проводника, т.-е. представляетъ результатъ работы, затрачиваемой электричествомъ на преодоленіе сопротивленія току. Очевидно, что болѣе длинный проводникъ обусловливаетъ и большее треніе въ случаѣ же болѣе толстаго, треніе, напротивъ того, меньше, благодаря тому, что въ проводникѣ большей вмѣстимости движеніе электричества совершается свободнѣе. Но величина тренія совершенно не зависитъ отъ направленія тока; при противоположныхъ направленіяхъ одинъ и тотъ же токъ производитъ совершенно одинаковыя тепловыя и свѣтотвыя дѣйствія; такимъ образомъ, будетъ также безразлично, возьмемъ ли мы токъ прямой или перевернутый (альтернативный). Наконецъ, если разсматривать электрическій токъ, какъ циркулированіе электричества въ проводникѣ, то силу, или величину  $I$  тока мы должны представлять себѣ какъ количество электричества, протекающее черезъ любое сѣченіе проволоки въ теченіе единицы времени

тогда количество электричества  $Q$ , доставленное какимъ-нибудь электропроводителемъ въ теченіе  $t$  единицъ времени будетъ равно  $It$ .

Такъ какъ всякое количество теплоты можетъ быть выражено въ единицахъ энергіи, то вмѣсто теплоты, выдѣленной въ проводникѣ можно взять соответствующую ей энергію. Если, такимъ образомъ, черезъ  $W$  обозначимъ энергію, переданную данному проводнику въ теченіе времени  $t$  токомъ,



Фиг. 442.— Термо-электрическія пары Пуляе въ соединеніи съ гальванометромъ Нобилъ.

сила котораго равна  $I$ , то, согласно предыдущему, сопротивленіе  $R$  проводника должно быть таково, что  $W=RI^2t$ .

Опытъ показываеъ, что жидкіе проводники, заключенные въ стеклянныхъ сосудахъ, относятся къ выдѣляемой въ нихъ теплотѣ совершенно такъ же, какъ твердыя тѣла, если за сѣченіе жидкаго проводника принять площадь электродовъ, служащихъ для входа и выхода тока. Въ частности, сопротивленіе жидкостей въ гальванической батареѣ, или, какъ говорятъ, внутреннее сопротивленіе цѣпи уменьшается вдвое при увеличеніи площади электродовъ въ два раза или при уменьшеніи въ столько же разъ разстоянія между электродами.

Мы видѣли переходъ электричества въ теплоту. Теперь разсмотримъ обратное явленіе—превращеніе теплоты въ электричество. Снаряды, въ которыхъ такое превращеніе совершается непосредственно, и въ которыхъ внутреннее сопротивленіе цѣпи равно нулю, называются *термоэлектрическими элементами*. Подобный снарядъ впервые устроилъ Зеебекъ въ 1823 г. Элементъ, которымъ пользовался Пуляе для своихъ знаменитыхъ опытовъ, состоялъ изъ толстаго бруска висмута (фиг. 442), согнутаго подъ прямымъ угломъ на обоихъ концахъ, къ которымъ были припаяны широкія мѣдныя пластинки. Если изъ двухъ спаевъ одинъ погруженъ, положимъ, въ кипящую воду, а другой въ тающій ледъ, то въ проводникѣ, соединяющей оба спаи, мы получимъ электрическій токъ, идущій отъ висмута къ мѣди черезъ горячій спай. Сила термоэлектрическаго тока не измѣняется, пока не измѣняются температуры спаевъ. Если въ составъ элемента входитъ толстый брусокъ висмута, то на практикѣ его сопротивленіемъ



(внутреннимъ сопротивленіемъ цѣпи) можно пренебречь и принять, что вся энергія электропроизводителя расходуется во внѣшней цѣпи. Если это такъ, то, помѣстивъ внѣшнюю цѣпь въ калориметръ, найдемъ, что при силѣ тока, равной  $I$  и сопротивленіи цѣпи  $R$ , количество освобожденной за время  $t$  энергіи  $W = RI^2t$ ; при иномъ сопротивленіи  $-R'$ , т.-е. въ другой проволоки выдѣлится энергія  $W = R'I^2t$  и т. д. Найдя числовыя величины для произведеній  $RI$ ,  $R'I$ ,  $R''I$ ...., сопротивленій на силы тока, убѣдимся, что такое произведение для данного электропроизводителя есть величина постоянная; обозначая эту постоянную величину черезъ  $E$ , будемъ имѣть:  $E = RI$ , откуда  $I = \frac{E}{R}$ . Въ этомъ и состоитъ такъ-называемый законъ Ома \*); точность и важность этого закона установлена трудами Пуллье.

Величина  $E$ , характеризующая данный элементъ и остающаяся неизмѣнною, какую бы проволоку мы ни взяли, называется *электродвижущею силою* элемента. Будетъ ли кусокъ висмута длиннѣе или короче, будетъ ли онъ спаянъ съ мѣдью въ нѣсколькихъ мѣстахъ или въ одномъ,  $E$  остается одной и той же. Измѣнится она только въ томъ случаѣ, если вмѣсто висмута съ мѣдью взять какую-нибудь иную пару металловъ или же сообщить спаямъ иную температуру.

Если мы обратимся къ обыкновеннымъ гальваническимъ элементамъ, содержащимъ жидкости и потому также называемымъ *гидроэлектрическими*, то найдемъ то же самое, хотя и не въ столь простомъ видѣ, благодаря тому, что здѣсь внутреннимъ сопротивленіемъ уже нельзя пренебречь. Устроивъ, наприм., два элемента Даниеля (см. стр. 75)—одинъ величиною съ наперстокъ, а другой — съ бочку, и замкнувъ тотъ и другой однородной проволокой, найдемъ, что произведение полного сопротивленія цѣпи на полученную силу тока одно и то же для обоихъ элементовъ: это произведение характеризуетъ лишь природу тѣхъ металловъ и жидкостей, изъ которыхъ состоитъ элементъ \*). Опытъ показываетъ, что при соединеніи элементовъ въ рядъ (последовательно) ихъ электродвижущія силы складываются. На фигурѣ 443 изображена батарея изъ многихъ расположенныхъ въ рядъ термоэлектрическихъ элементовъ. Горючіе спай занимаютъ внутреннюю часть снаряда. Въ томъ случаѣ когда одна группа элементовъ расположена противоположно другой группѣ, электродвижущія силы должны вычитаться.

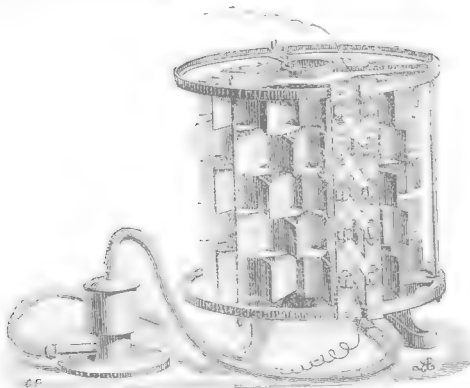
Естественно будетъ спросить, почему величина  $E$  названа электродвижущей силой. Разсматривая электрическій токъ какъ циркулированіе электричества, мы должны представлять себѣ и причину, приводящую электричество въ движеніе, и такъ какъ причину, приводящую въ движеніе какое либо тѣло мы привыкли называть силою, то, уподобляя электричество матеріальному тѣлу—жидкости, мы можемъ причину электрическаго тока называть электродвижущею силою. Разсмотримъ это уподобленіе поближе. Если вѣрно, что тѣло падаетъ въ силу своего вѣса, то не менѣе вѣрно и то, что паденіе возможно лишь благодаря существованію известной разности уровня между положеніемъ тѣла и высотой поверхности земли. Оттого мы можемъ сказать, что вѣсъ и разность уровня одинаково необходимы для паденія; и, конечно, это именно и суть факторы энергіи.

По отношенію къ электрическому току роль разности уровня выполняетъ электродвижущая сила, а роль вѣса—количество циркулирующаго электричества.

Въ самомъ дѣлѣ, согласно закону Джауля,  $W$  (энергія, развиваемая въ  $t$  единицъ времени)  $= RI^2t$ , или  $W = RI \cdot It$ , гдѣ  $R$  есть полное сопротивленіе цѣпи, а  $I$  сила тока. Но такъ какъ количество пробѣжавшаго въ цѣпи электричества равно произведенію силы тока на время, въ теченіе котораго токъ проходилъ, т.-е. такъ какъ  $Q = I \cdot t$ , то  $W = RI \cdot Q$ . Замѣтивъ, что  $RI = E$ , найдемъ:  $W = EQ$ .

Это значить, что на совершеніе  $Q$  единицъ электричества одного оборота по цѣпи затрачивается энергія, равная произведенію  $Q$  на электродвижущую силу доставляющаго токъ источника, откуда слѣдуетъ, что  $E$  есть энергія, потребная для такого же перемѣщенія одной единицы электричества.

Если тѣло вѣсомъ въ  $P$  падаетъ съ высоты  $H$ , то развиваемая паденіемъ энергія  $W=H.P$ . Какъ энергія, развиваемая при паденіи одного и того же тѣла въ нѣсколькихъ различныхъ случаяхъ, зависитъ, каждый разъ, единственно отъ высоты, съ какой совершается паденіе, такъ въ случаѣ электрическаго



Фиг. 443.— Термо-электрическая батарея Кламона.

тока, энергія, соответствующая перемѣщенію даннаго количества электричества вдоль опредѣленной цѣпи зависитъ единственно отъ электродвижущей силы источника. Смотря по тому, велика или мала послѣдняя, токи, производимые ею, называются токами *высокаго* или *низкаго давления*.

Обратимся къ кругому сравненію. Когда вода вытекаетъ изъ резервуара, въ которомъ высота жидкости, путемъ постояннаго поддѣлыванія, поддерживается неизмѣнною, то

черезъ любое сѣченіе трубки, въ теченіе даннаго промежутка времени, будетъ проходить одно и то же количество жидкости; это количество есть производительность или *сила истечения*. Съ другой стороны, въ каждой точкѣ существуетъ опредѣленное *давленіе жидкости*, возрастающее по направлению тока послѣдней; это давленіе для данной точки будетъ одно и то же въ случаѣ широкой или узкой трубки, но оно возрастаетъ по мѣрѣ увеличенія наклоненія трубки къ горизонту. Такимъ образомъ, сила зависитъ отъ сѣченія трубки, а давленіе тока отъ ея наклоненія къ горизонту: чѣмъ это послѣднее больше, тѣмъ больше давленіе. Но при одномъ и томъ же давленіи сила можетъ быть больше или меньше, смотря по тому, велико или мало сѣченіе трубки. Сила истечения жидкости можетъ быть уподоблена силѣ электрическаго тока, а давленіе жидкости — электродвижущей силѣ цѣпи.

Если въ единицу времени изъ резервуара вытекаетъ  $P$  вѣсовыхъ единицъ воды, то въ  $t$  единицъ черезъ любое сѣченіе данной трубки пройдетъ, очевидно,  $Pt$ , а энергія, соответствующая паденію этой жидкости съ высоты  $H$ , будетъ

равна РН. *t*. При паденіи жидкости на колесо гидравлическаго двигателя, мы въ единицу времени будемъ располагать энергіей РН. Это—такъ-называемая *рабочая сила* (механическій эффектъ двигателя).

Подобно этому энергія, доставляемая въ единицу времени какимъ-нибудь электровозбудителемъ, равна  $E I$ . Произведение  $E I$  выражаетъ рабочую силу электровозбудителя. Эта рабочая сила можетъ быть также выражена числомъ  $\frac{E^2}{R}$ , т.-е. частнымъ отъ раздѣленія квадрата электродвижущей силы на сопротивление, такъ какъ, по закону Ома,  $I = \frac{E}{R}$ .

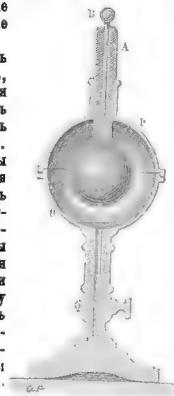
При разомкнутой цѣпи электродвижущая сила системы производитъ иныя дѣйствія. Такъ, соединеніемъ полюсовъ электровозбудителя съ обкладками конденсатора, произведемъ разряженіе послѣдняго. Будемъ производить подобный опытъ помощью электроскопа съ конденсаторомъ (фиг. 444). Какъ только мы отнимемъ верхній кругъ конденсатора, тотчасъ же разойдутся золотые листочки, прикрѣпленные къ нижнему кругу. Если одинъ изъ этихъ листочковъ коснется какого-нибудь металлическаго стержня, находящагося въ сообщеніи съ землею, то онъ уступитъ стержню свой зарядъ; очевидно, что всякому такому прикосновенію соответствуетъ потеря кругомъ одного и того же количества электричества; поэтому число прикосновеній, потребное для полнаго разряженія круга, можетъ служить мѣрой того количества электричества, какое доставляетъ данный источникъ. Тотъ же опытъ убѣждаетъ, что заряды конденсаторовъ пропорціональны электродвижущимъ силамъ употребляемыхъ для заряженія генераторовъ \*).

Если  $Q$  обозначаетъ зарядъ, а  $E$ —электродвижущую силу источника, то  $Q = CE$ . Величина  $C$  зависитъ отъ формы и размѣровъ конденсатора; это такъ-называемая *электроемкость* (электрическая емкость) прибора; она увеличивается при увеличеніи площади конденсатора или при уменьшеніи толщины окружающаго слоя \*\*).

Въ такомъ видѣ представляются соотношенія между электрическими величинами, если силу тока измѣрять при помощи вольтамметра. Система же, принятая конгрессомъ 1881 года, исходить изъ иныхъ основаній. Прежде всего была установлена *единица C.G.S. количества сѣвернаго магнетизма*. За такую

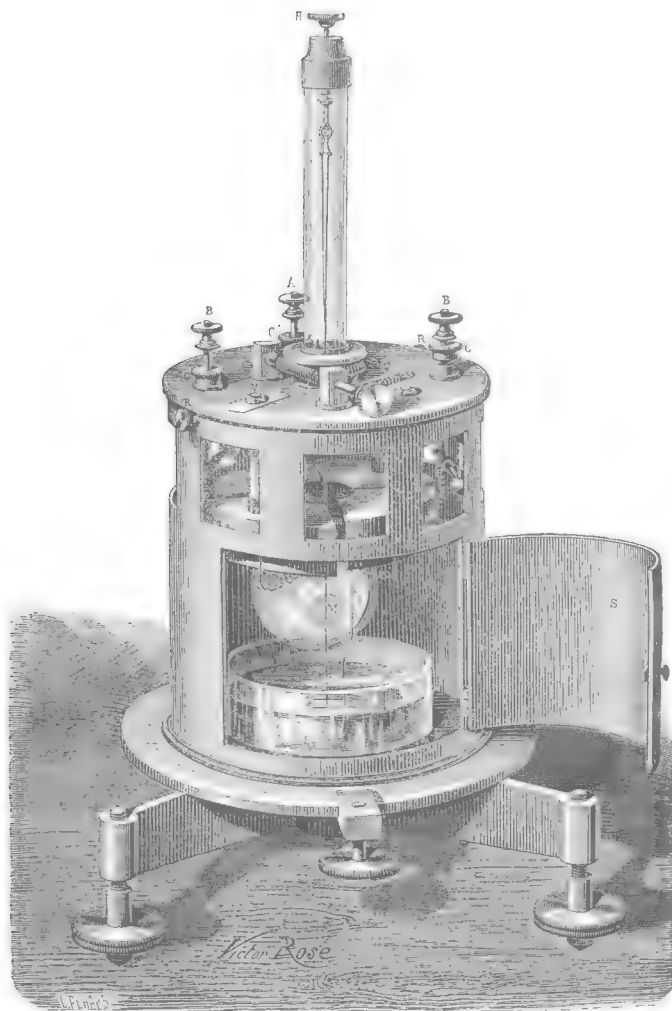
\*) Наполнивъ сѣромъ промежутки между обкладками Р и С сферическаго конденсатора (фиг. 445), Фарадей замѣтилъ, что емкость конденсатора въ дѣйствиіе этого увеличилась. Но уже Кавендишъ въ 1771 г. установилъ вліяніе природы изолятора на характеръ электрическихъ явленій.

\*\*) Такъ какъ расхожденіе листочковъ электроскопа (фиг. 444) тѣмъ больше, тѣмъ больше электродвижущая сила заряда, то, электроскопъ, повидно, можетъ быть градуированъ такимъ образомъ, чтобы онъ служилъ въ приборъ, прямо показывающій электродвижущую силу заряда, т.-е. въ *электрометръ*. Мы опишемъ здѣсь лишь наиболее употребительный изъ такихъ приборовъ, именно квадрантъ-электрометръ Томсона (фиг. 446). Подвижною частью здѣсь служитъ алюминиевая стрѣлка въ формѣ цифры 8, прикрѣпленная къ винту Н на двухъ нитяхъ. Стрѣлка можетъ двигаться между четырьмя секторами металлической коробки, раздѣленной по двумъ взаимно перпендикулярнымъ діаметрамъ. Упомянутые секторы удерживаются стеклянными столбиками, прикрѣпленными къ крышкѣ ящика, въ которой заключены нажимныя части аппарата. Противоположные секторы (квадранты) попарно соединены между собою помощью проволоки; каждая пара соединена съ однимъ изъ двухъ изолированныхъ столбиковъ, или бортовъ В и В'; столбикъ А сообщается со стрѣлкой. Показывающее величину отклоненія зеркальце находится въ М за стекломъ Р; оно прикрѣплено къ проволоцѣ, нижній конецъ которой погруженъ въ чашку съ сѣрою кислотой; концы прикрѣпленныхъ къ проволоцѣ поперечныхъ прутиковъ служатъ треною и жидкость погашаетъ колебанія алюминиевой стрѣлки. При помощи описаннаго прибора (о дѣйствіи и способахъ употребленія котораго мы здѣсь не будемъ говорить) легко опредѣлить какъ полную электродвижущую силу даннаго источника, такъ и электродвижущую силу между какими-нибудь точками на протяженіи соответствующей ему цѣпи.



Фиг. 445.—Конденсаторъ Фарадея.

единицу было принято то количество магнетизма, какое должны имѣть два одинаковыхъ сѣверныхъ полюса, находящихся на разстояніи 1 сантиметра: одинъ



Фиг. 446. — Квадрантъ-электрометръ Томсона.

отъ другого для того, чтобы взаимно отталкиваться съ силою 1 динъ. Затѣмъ, на основаніи найденныхъ Био и Саваромъ законовъ электромагнитныхъ дѣй-

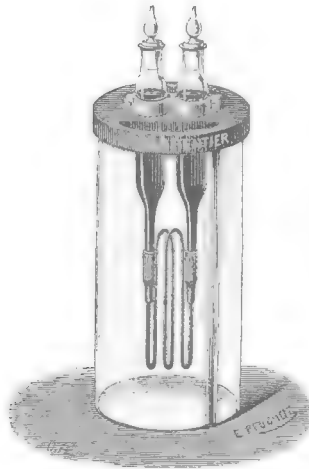
ствій, за единицу C.G.S. силы тока былъ принятъ такой токъ, который пробѣгая по круговому проводнику съ радиусомъ въ 1 сантиметръ, отталкиваетъ полюсъ, помѣщенный въ центрѣ окружности съ силою. Отсюда, принимая во вниманіе законъ Джауля, заключаемъ, что единицей C.G.S. сопротивленія должно быть сопротивленіе такого проводника, на которомъ токъ, равный единицѣ C.G.S., развиваетъ въ 1 секунду количество теплоты, эквивалентное 1 эргу. Далѣе, на основаніи закона Ома, за единицу электродвижущей силы была принята электродвижущая сила такого источника, который производитъ токъ въ единицу силы, при сопротивленіи въ одну единицу.



Фиг. 447.— Эталонъ законнаго ома (копія).

Изъ формулы  $Q=It$  слѣдуетъ, что единица заряда (количества) есть такое количество, — которое въ 1 секунду проходитъ чрезъ сѣченіе проводника, по которому идетъ токъ, имѣющій силу одной единицы.

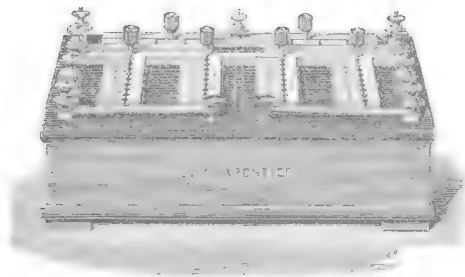
Наконецъ, единица емкости есть емкость такого конденсатора, который при электродвижущей силѣ источника, равной единицѣ, принимаетъ зарядъ въ единицу.



Фиг. 448.— Эталонъ сопротивленія.

Но въ виду того, что одніе изъ перечисленныхъ единицъ C.G.S. слишкомъ малы, а другія чрезвычайно велики, въ практикѣ за электрическія единицы принимаются нѣсколько величинъ, кратныхъ соответствующихъ теоретическихкихъ единицъ C.G.S., и нѣсколько такихъ, которыя въ соответствующихъ

единицахъ C.G.S. содержатся множителемъ извѣстное число разъ. Такъ вмѣсто чрезвычайно малой единицы C.G.S. сопротивленія въ практикѣ пользуются единицей въ тысячу миллионъ ( $1.000.000.000=10^9$ ) разъ большею, — такъ-называемымъ *омомъ*. Это сопротивленіе, какъ показываютъ многочисленныя изслѣдованія, весьма близко къ сопротивленію столба ртути въ 106 сантим. длины и 1 квадратный миллиметръ сѣченія; при температурѣ таянія льда (т.-е. при 0°); такое сопротивленіе названо *легальнымъ* (законнымъ) *омомъ* (фиг. 447); послѣдній по отношенію къ измѣренію сопротивленія играетъ ту же роль, какъ метръ въ измѣреніи длины т.-е. служить эталономъ. Трубки, въ которой помѣщается ртутный столбъ, служащій эталономъ, обыкновенно придаютъ многокоѣнчатую форму, чѣмъ достигается возможно меньшая громоздкость снаряда. Такъ-называемые *ящики сопротивленій* суть не что иное, какъ надлежащимъ образомъ расположенные ряды спиралей, сопротивленіе которыхъ заранее опредѣлено въ омахъ. Для введенія въ цѣпь сопротивленія всѣхъ катушекъ вынимаютъ штепсели за изолирующія (эбонитовыя) головки. Если ряды катушекъ помѣчены единицами, десятками, сотнями и тысячами, то любое число омовъ вводится въ цѣпь при помощи приѣма, сходнаго съ тѣмъ, какой мы употребляемъ, изображая соответствующее число цифрами.



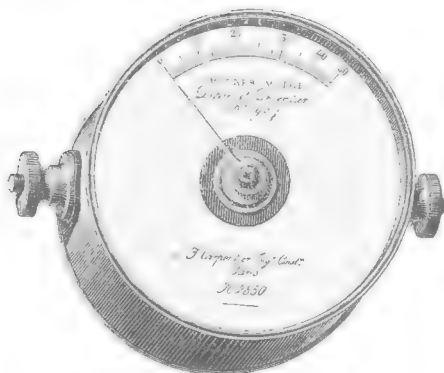
Фиг. 449. — Ящики сопротивленій.

Подобно единицѣ сопротивленія, и единица C.G.S. электродвижущей силы есть величина чрезвычайно малая; поэтому въ практикѣ за единицу электродвижущей силы принимается величина, въ сто миллионъ ( $10^8$ ) разъ большая; это такъ называемый *вольтъ*. Къ этой единицѣ весьма близко подходитъ электродвижущая сила одного элемента Даниэля.

Вслѣдствіе этого практическая единица силы тока — амперъ — оказывается въ десять разъ меньше теоретической: это сила тока, производимаго однимъ вольтомъ въ проводникѣ, имѣющемъ сопротивленіе въ одинъ омъ. Точно также и практическая единица заряда (или количества электричества) — кулонъ — является въ 10 разъ меньшею, чѣмъ теоретическая. Наконецъ, практическая единица емкости фарадъ — есть емкость такого конденсатора, которому электродвижущая сила одного вольта сообщаетъ зарядъ въ одинъ кулонъ; эта единица обыкновенно и принимается при устройствѣ градуированныхъ конденсаторовъ.

Итакъ, силу тока выражаютъ въ *амперахъ*, электродвижущую силу цѣпи —

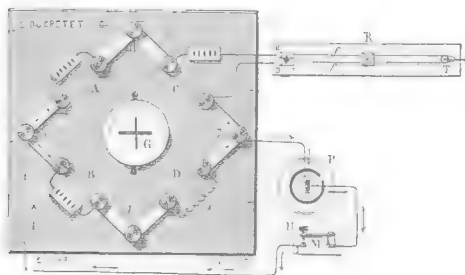
въ *вольтах* \*), сопротивление—въ *омах* \*\*), зарядъ—въ *кулонахъ*, емкость—въ *фарадахъ*, или, върѣе, микрофарадахъ \*\*\* (миллионныхъ долей фарада). При-



Фиг. 450.—Амперметр Денри и Карантье.

\*) Для измѣренія электродвижущей силы данного производителя поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Полюсы его соединяютъ проволокою, включающею какой-нибудь электрометръ, наприм., электрометръ Липмана, и затѣмъ въ цѣпь вводятъ другой градуированный источникъ электродвижущей силы, направленіе которой можно сдѣлать обратнымъ первому источнику, а величину—выбрать такъ, чтобы электрометръ показывалъ нуль; послѣднее будетъ тогда, когда величина электродвижущей силы, введенной для сравненія будетъ какъ разъ равна искомой электродвижущей силѣ первого производителя. Здѣсь мы поступаемъ такъ же, какъ при измѣреніи механическихъ силъ: *уравновѣшиваемъ* неизвѣстную силу извѣстною.

\*\*) Сопротивленія измѣряются при помощи свиряда, извѣстнаго подъ именемъ *моста*



Фиг. 451.—Мостъ Уитстона.

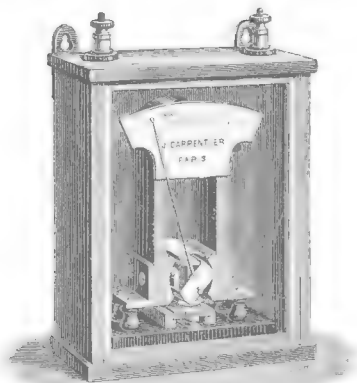
*Уитстона* (фиг. 452). Батарея Р доставляетъ токъ, который въ точкѣ *a* раздѣляется: одна часть его направляется къ отрицательному полюсу батареи по пути *асб*, а другая—по пути *аdb*. Ящики сопротивленій помѣщаются въ А, В и С. Въ R мы видимъ тонкую проволоку, извѣстную подъ названіемъ реостата; въ часть *асб* цѣпи можетъ быть введена любая часть этой проволоки. Въ *х* помѣщаемъ измѣряемое сопротивленіе. Соединяя точки *c* и *d* проволокою (*мостомъ*), въ которую включена спираль гальванометра, отыскиваютъ такіа части ящиковъ сопротивленій А, В, С и реостата R, при которыхъ стрѣлка гальванометра принимаетъ такое положеніе, какъ въ отсутствіи батареи. Тогда искомое сопротивленіе выводится изъ формулы  $x:A = R \times C$ . Результатъ получается въ *омахъ*, если при градуированіи ящиковъ сопротивленій и реостата за единицу сопротивленія принять нѣтъ.

\*\*\*) Приставка *мега* обозначаетъ миллионъ, а *микро*—миллионную долю главной единицы.

боры, градуированные такимъ образомъ, что они прямо показываютъ силу испытываемого тока въ амперахъ и электродвижущую силу генератора въ вольтѣхъ, называются: первые *амперметрами* (фиг. 450), а вторые—*вольтметрами* (фиг. 275).

За практическую единицу работы, конгрессомъ 1889 г. приняты *джоуль*, равный десяти миллионамъ эрговъ.

Единица рабочей силы (механическаго эффекта) есть *уаттъ*, равный рабочей силѣ двигателя, доставляющаго десять миллионъ эрговъ въ одну секунду.



Фиг. 452.—Промышленный гальванометръ Карпантие.

Техническая единица рабочей силы—лошадиная сила (паровая лошадь) равна 736 уаттамъ; въ метрической системѣ лошадиная сила равна работѣ въ 75 килограмметровъ. Двигатель, способный поднять 7500 килограммовъ на высоту 1 метра въ 1 секунду, обладаетъ рабочей силой въ 100 паровыхъ лошадей, или въ 73600 уаттовъ. Приборы, служащіе для непосредственнаго опредѣленія рабочей силы генератора электричества, извѣстны подъ названіемъ *уаттметровъ*.

Въ этомъ краткомъ обзорѣ физическихъ величинъ не было сказано о величинахъ, относящихся къ температурѣ. Эти послѣднія изучаются въ отдѣлѣ, посвященномъ тепловой энергіи; къ изложенію важнѣйшихъ свойствъ только-что названной энергіи мы сейчасъ и переходимъ.



# КНИГА ЧЕТВЕРТАЯ.

ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ.



Фиг. 453.—Первый огонь.

## КНИГА ЧЕТВЕРТАЯ.

### Тепловая энергія.

#### Глава I.

Изъ физическихъ агентовъ теплота, безспорно, намъ всего ближе и служить намъ всего прямѣе. Дѣйствія ея мы имѣемъ возможность наблюдать ежеминутно, приложенія ея въ промышленности важны и многочисленны. Теплота, какъ мы скоро увидимъ, есть не что иное, какъ извѣстный родъ энергіи; она можетъ быть превращена въ механическую работу и, наоборотъ, затрата нѣкотораго количества механической работы можетъ дать въ результатѣ теплоту.

Слова *тепло* и *холодъ*, соответствующія двумъ противоположнымъ ощущеніямъ, обозначаютъ, въ сущности два состоянія одного и того же порядка, различающіяся одно отъ другого лишь относительно. Если, напр., одну руку опустимъ въ сосудъ со льдомъ, а другую—въ сосудъ съ теплой водой, мы получимъ два совершенно различныхъ ощущенія; но если, поддерживая руки нѣсколько времени въ упомянутыхъ сосудахъ, положимъ ихъ затѣмъ въ воду обыкновенной (комнатной) температуры, то онѣ получатъ обратныя предыдущимъ ощущенія, которыя болѣе или менѣе скоро сольются въ одно ощущеніе, общее для обѣихъ рукъ.

Если два тѣла первоначально были одинаковы, то у *тѣла, соприкасающагося тепле*, мы называемъ *теплотою* то, что въ немъ находится въ избыткѣ. Когда, прикасаясь къ двумъ тѣламъ, мы получаемъ одно и то же ощущеніе, мы говоримъ, что *температура* обонхъ тѣлъ одинакова; если одно изъ нихъ становится теплѣе, говорятъ, что температура его *повышается*; если оно, наоборотъ, дѣлается

холоднѣе, говорятъ, что температура его *понижается*. Таковы грубыя опредѣленія, основанныя на ощущеніи.

Къ частой, теплота производитъ въ тѣлахъ и множество такихъ измѣненій, которыя возможно измѣрить съ большимъ точностью; важнѣйшимъ изъ нихъ является *измѣненіе объема*. Обыкновенно тѣло при нагреваніи увеличивается въ объемѣ—*расширяется*, а при охлажденіи уменьшается въ объемѣ—*сжимается*. Отъ дѣйствія теплоты частицы тѣла, связанные между собою силою *сиплленія*, удаляются одні отъ другихъ, сцплленіе уменьшается, и тѣло, если оно первоначально было твердое, можетъ перейти въ *жидкое состояніе*; при дальнѣйшемъ нагреваніи сцплленіе продолжаетъ уменьшаться все болѣе и болѣе, до тѣхъ поръ, пока оно не исчезаетъ совершенно и на смѣну ему не является *расширяемость*: въ этотъ моментъ тѣло уже представляется *газообразнымъ*, оно обратилось въ паръ. Такимъ образомъ одно и то же тѣло, вода, напр., можетъ, смотря по температурѣ, быть то твердымъ тѣломъ, то жидкостью, то паромъ.

Иногда твердое тѣло превращается въ газообразное безъ видимаго промежуточнаго перехода въ жидкое состояніе; таковъ, напр., твердый іодъ, который при нагреваніи не плавится, а прямо отдѣляетъ фіолетовыя пары; такой прямой переходъ изъ твердаго состоянія въ газообразное называется *возгонкою*.

Газъ, получившійся изъ твердаго тѣла путемъ расширенія, обладаетъ способностью расширяться безпредѣльно. Если будемъ нагревать сосудъ съ воздухомъ, сообщающимся со стеклянной трубкой, наполненной ртутью и опрокинутой надъ чашкою со ртутью, то воздухъ мало-по-малу проникаетъ въ верхнюю часть трубки, отбѣсная ртуть книзу. Другими словами, онъ будетъ расширяться, разрѣжаться все болѣе и болѣе, стремись, можетъ быть, перейти въ четвертое состояніе—въ *лучистое состояніе* Фарадея.

Если будемъ нагревать бумажный мѣшокъ съ воздухомъ, то онъ надуется и поднимется вверхъ. Это значитъ, что теплый воздухъ легче холоднаго: мѣшокъ, поднимающійся въ холодномъ воздухѣ, повинуются уже извѣстному намъ закону Архимеда.

Что случится, если мы будемъ нагревать не воздухъ, а какой-либо иной газъ?—Возьмемъ рядъ одинаковыхъ сосудовъ, наполненныхъ различными газами и будемъ нагревать ихъ на одномъ и томъ же очагѣ. Тогда объемы газовъ, проникшихъ въ трубки, первоначально наполненныя ртутью, окажутся одинаковыми; другими словами, степень расширения не зависитъ отъ природы газа: кислородъ, азотъ, водородъ и прочіе газы расширяются одинаково.

Нагревая жидкости, мы, во-первыхъ, убѣждаемся въ томъ, что онѣ расширяются гораздо меньше газовъ, а во-вторыхъ, что степень расширения находится въ зависимости отъ природы жидкости; такъ, спиртъ расширяется гораздо болѣе, нежели вода.

Если мы нагреваемъ жидкость, выполняющую какой-нибудь сосудъ во всемъ его объемѣ, то сначала получается какъ будто сжатіе ея; это объясняется сравнительно большимъ вначалѣ расширеніемъ сосуда \*).

Сравнимъ расширеніе воды съ расширеніемъ спирта, напримѣръ. Изъ двухъ баллоновъ одинаковой емкости, въ одномъ содержится спиртъ, а въ другомъ вода. Если эти баллоны погрузимъ въ горячую воду, то уровни жидкостей, благодаря расширенію баллоновъ, первоначально опускаются до одной и той же высоты, но затѣмъ, при дальнѣйшемъ дѣйствіи теплоты, жидкости поднимаются—спиртъ гораздо быстрѣе воды. Подобнымъ же образомъ найдемъ, что различныя жидкости при нагреваніи расширяются въ различной мѣрѣ.

Если вынуть баллоны изъ сосуда съ теплой водой, то уровни жидкостей въ нихъ постепенно опускаются до первоначальной высоты. Помѣщая затѣмъ баллонъ съ водой въ какую-либо охлаждающую смѣсь, напр., въ смѣсь тоще-

\*) То расширеніе, которое мы обыкновенно наблюдаемъ, есть всегда лишь *кажущееся*, а не *истинное расширеніе*.

наго льда и соли, получаемъ еще большее пониженіе уровня воды; значитъ послѣднія при охлажденіи сжимаются; но скоро вода перестаетъ уменьшаться въ объемѣ, уровень ея, несмотря на все большее и большее охлажденіе, напротивъ повышается; другими словами, при охлажденіи вода сначала сжимается, а потомъ расширяется. Большая часть другихъ жидкостей не представляетъ подобнаго отклоненія отъ общаго закона.

Если наполненную водой желѣзную бутылку, даже съ очень толстыми стѣнками, закупоренную винтовой пробкой, положить въ какую-нибудь охлаждающую смѣсь, то объемъ воды сперва уменьшится, но затѣмъ онъ начнетъ увеличиваться, и скоро вслѣдствіе неуступчивости стѣнокъ бутылки, послѣдняя разорвется, несмотря на всю свою крѣпость. Благодаря указанному свойству воды, замерзаніе послѣдней начинается съ поверхности, и подо льдомъ даже въ самую сильную стужу вода всегда сохраняетъ сравнительно высокую температуру. Это-то обстоятельство, вмѣстѣ съ малымъ удѣльнымъ вѣсомъ льда и малой теплопроводимостью воды, и служитъ причиною того, что рѣчныя и морскія животныя и растенія не погибаютъ во время значительныхъ холодовъ.

Такие факты,—говоритъ Тиндаль \*)—естественно и справедливо трогать наше сердце; отношенія между жизнью и необходимыми условіями ея существованія, всеобщее въ природѣ принаровленіе средствъ къ цѣлямъ,—это, безспорно, возбуждаетъ въ философѣ живѣйшій интересъ; но когда дѣло касается явленій природы, мы должны зорко слѣдить за своими чувствами; оно, помимо нашей воли и сознанія, можетъ завести насъ за предѣлы фактически достовѣрнаго. Такъ, напр., какъ единственное въ своемъ родѣ и неопровержимое доказательство цѣлесообразности въ природѣ и заботливости послѣдней обо всемъ живущемъ, нерѣдко приводять вышеуказанную способность *воды*. Для чего-бы,—говорятъ при этомъ,—водѣ нужна была такая способность, если не для защиты природы противъ ея самой.

На дѣлѣ, однако-же, это не есть исключительное свойство воды. Вотъ другая бутылка, также треснувшая по всей своей длинѣ; разбивая еѣ молоткомъ: какъ видите еѣ выполняла ея массивная металлическая копія. Этотъ металлъ—висмутъ; я вылилъ его въ бутылку, когда онъ находился въ расплавленномъ состояніи, и закупорилъ бутылку винтомъ, точно такъ же, какъ бутылку съ водой. Охладившись, металлъ перешелъ въ твердое состояніе, расширился, и его расширительной силы достаточно было для того, чтобы бутылка лопнула. Здѣсь уже некого спасать,—ни рыбъ, ни другихъ животныхъ, а между тѣмъ расплавленный висмутъ отнесся къ дѣйствію холода совершенно такъ, какъ вода.

«Да позволено мнѣ будетъ сказать разъ на всегда, что для физика, какъ такового, нѣтъ въ природѣ ни цѣлесообразности, ни конечныхъ причинъ: его задача—познать, чтѣ такое природа, а не для чего или почему она существуетъ. Но это-то именно и заставляетъ его болѣе другихъ удивляться таинственнымъ явленіямъ природы.

Перейдемъ теперь къ изученію расширенія твердыхъ тѣлъ. Возьмемъ два металлическихъ бруска одинаковой длины—мѣдный и желѣзный—и помѣстимъ послѣдній въ *пирометръ съ круговой шкалой*. Этотъ пирометръ состоитъ изъ двухъ столбиковъ, утвержденныхъ на деревянной доскѣ; на одномъ столбикѣ укрѣпленъ рычагъ, длиннымъ плечомъ котораго служитъ стрѣлка, могущая двигаться по скалѣ, центръ которой находится въ точкѣ опоры рычага.

У другого столбика имѣется зажимъ, при помощи котораго одинъ конецъ бруска можетъ быть укрѣпленъ неподвижно. Описанный приборъ сходенъ по своему устройству, съ компараторомъ. Желѣзный брусокъ кладется такъ, что свободный конецъ его упирается въ рычагъ и стрѣлка до опыта стоитъ на нулѣ скалы; затѣмъ его нагреваютъ на газовой горѣлкѣ. При нагрева-

\*) Теплота, рассматриваемая какъ особый родъ движенія.

нѣя брусокъ удлиняется, благодаря чему его свободный конецъ приводитъ въ движеніе рычагъ, который отклоняетъ стрѣлку. Если затѣмъ удалить лампу, то брусокъ охладится, сократится вслѣдствіе этого и приведетъ стрѣлку въ ея первоначальное положеніе—къ нулю скалы.

Если вмѣсто желѣзнаго бруска будемъ проаводить тотъ же опытъ съ мѣднымъ, то максимальное отклоненіе стрѣлки будетъ уже иное, и притомъ большее, чѣмъ въ случаѣ желѣзнаго бруска; это значитъ, что мѣдный брусокъ расширяется больше желѣзнаго.

Лучше нагревать оба бруска сразу въ одной и той же ваннѣ.

Вотъ двѣ пластинки одинаковой длины—латиновая и серебряная, спаяныя въ совершенно прямую ленту. Если такую ленту станемъ нагревать, то серебряная пластинка, способная расширяться больше латиновой, сдѣлается длиннѣе послѣдней; отъ этого лента искривится и свернется, причемъ выпуклая поверхность будетъ принадлежать серебряной пластинкѣ.

Отъ дѣйствія теплоты твердыя тѣла увеличиваются въ объемѣ. Металлическое кольцо укрѣплено посредствомъ зажима на загнутомъ вверхъ вертикальномъ стержнѣ, къ которому привѣшенъ шаръ изъ того же металла, какъ и кольцо; при обыкновенной температурѣ шаръ проходитъ черезъ кольцо, но будучи нагрѣтъ, онъ расширяется и уже не можетъ пройти черезъ него. Если же вмѣстѣ съ шаромъ нагрѣть и кольцо, то это послѣднее по-прежнему будетъ пропускать кольцо; изъ этого видно, что тѣла несплошныя расширяются подобно сплошнымъ. *Пустота полагъ тѣла увеличивается въ такой же точнѣ мѣрѣ, въ какой расширялась бы сплошная однородная съ тѣломъ масса, такого же объема, какъ эта пустота.*

Еслибы кольцо было желѣзное, а шаръ—мѣдный, то при одновременномъ нагрѣваніи того и другого, шаръ не проходилъ бы черезъ кольцо; отсюда слѣдуетъ, что мѣдъ расширяется больше желѣза. Это неодинаковое расширеніе тѣлъ нашла, между прочимъ, applicaціе къ часовому дѣлу. Опытъ показываетъ, что при небольшихъ размахахъ времени качаній маятниковъ одинаковой длины равны; на этомъ законѣ изохронности (равновремениости) качаній и основано устройство приборовъ, служащихъ для измѣренія времени.

Отъ теплоты длина маятника, а вмѣстѣ съ тѣмъ и время качанія, измѣняется: чѣмъ длиннѣе становится маятникъ, тѣмъ больше дѣлается время каждаго качанія, тѣмъ медленнѣе начинается качаться маятникъ; слѣдовательно, часы, ходъ которыхъ регулируется маятникомъ, должны оставаться въ теплѣ и, наоборотъ, уходить впередъ въ холодѣ. Эта неправильность хода значительно устраняется въ точныхъ часахъ такъ называемымъ *уравнительнымъ маятникомъ*.

Фиг. 454.—Уравнительный маятникъ Броко.

Наиболѣе употребителенъ уравнительный маятникъ Броко. Онъ состоитъ (фиг. 454) изъ чечевицы, привѣшенной на трехъ параллельныхъ прутьяхъ,—по бокамъ болѣе длиннаго желѣзнаго прута  $f$  расположены два мѣдныхъ  $c, c$ , которые посредствомъ рычаговъ  $a, a$  и стержней  $t, t$ , укрѣпленныхъ въ чечевицѣ, поднимаютъ эту послѣднюю при повышеніи температуры. Плечи рычаговъ рассчитаны такъ, чтобы въ результатѣ противоположныхъ расширеній мѣди и желѣза центръ чечевицы всегда удерживался на одномъ и томъ же разстояніи отъ оси привѣса.

Сила, съ которою твердыя тѣла стремятся расширяться при нагрѣваніи, весьма значительна; величину ея прямо выражаетъ то количество работы, какое должно быть затрачено для уравновѣшенія этой силы. Для примѣра мы укажемъ



тѣмъ непосредственно переходить въ жидкое состояніе. Рядъ подобныхъ опытовъ былъ произведенъ уже въ прошломъ столѣтіи физикомъ Галлемъ.

Обыкновенно переходъ изъ твердаго состоянія въ жидкое совершается сразу, въ одинъ моментъ. Къ нѣкоторымъ тѣламъ это, однако, неприложимо. Такъ стекло, прежде чѣмъ принять жидкое состояніе, переходитъ чрезъ рядъ промежуточныхъ состояній, въ которыхъ оно имѣетъ тѣлообразную консистенцію, позволяющую вытягивать стекло въ тончайшія нити, выдувать его и вообще придавать ему какія угодно формы. Этимъ-то именно и пользуются въ дѣлѣ обработки стекла.

Тѣла переходятъ изъ твердаго состоянія въ жидкое не только при нагреваніи, но и отъ дѣйствія на нихъ жидкостей, въ чемъ очень легко убѣдиться, бросивъ въ воду кусокъ сахара или соли. Это явленіе называется *раствореніемъ*. Теплота ускоряетъ раствореніе; согласно съ этимъ теряется много теплоты, т.-е. получается большой холодъ, если раствореніе происходитъ быстро. На этомъ-то обстоятельстве и основано приготовленіе *охлаждающихъ смѣсей*. Обыкновенно такія смѣси образуются двумя веществами, изъ которыхъ одно, по крайней мѣрѣ, есть тѣло твердое; переходъ этого тѣла въ жидкое состояніе и производитъ холодъ. Простейшей является смѣсь двухъ частей льда съ одной частью соли; здѣсь происходитъ варазъ таяніе льда и раствореніе соли въ получающейся такимъ образомъ водѣ; благодаря этому охлажденіе получается довольно значительное. Указанной смѣсью обыкновенно и пользуются для полученія искусственнаго льда въ домашнемъ хозяйствѣ.

Употребительна также охлаждающая смѣсь изъ пяти частей нашатыря, пяти частей санитры и шестнадцати частей воды. Для полученія искусственнаго льда въ большихъ количествахъ чаще всего употребляется смѣсь изъ соляной кислоты и глауберовой (сѣрноватровой) соли; смѣсь обыкновенно помѣщается въ цилиндрической жестяной сосудъ, покрытый войлочнымъ футляромъ. Охлаждаемая жидкость наливается въ U-образный сосудъ, помѣщающійся внутри цилиндра. Иногда послѣдній устанавливается на тележкѣ, благодаря чему получается возможность сообщить ему качательное движеніе, ускоряющее охлаждающее дѣйствіе смѣси.

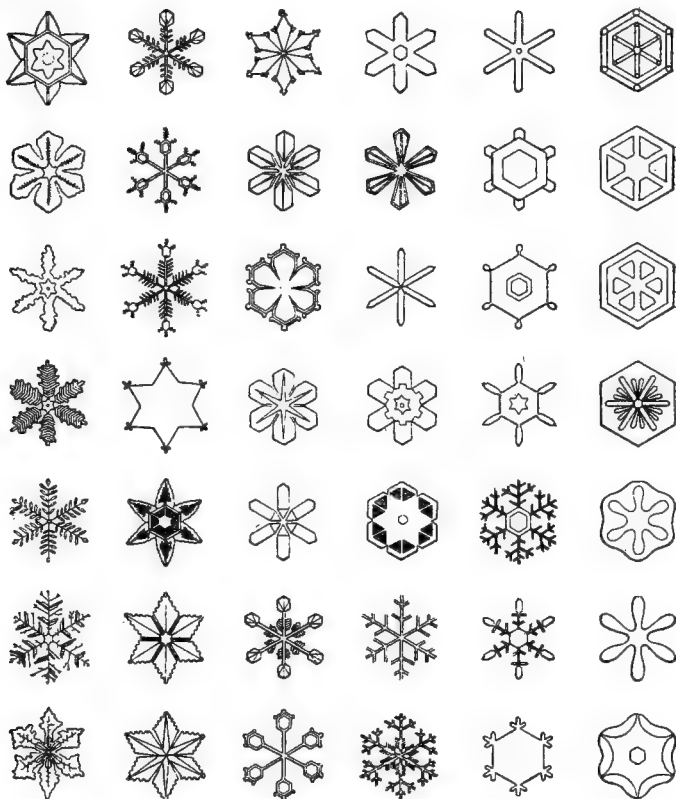
Явленіе, обратное плавленію, т.-е. переходъ тѣла изъ жидкаго состоянія въ твердое при охлажденіи, называется *отвердѣваніемъ*, или *замерзаніемъ*. Къ такому переходу нужно считать способными всѣ тѣла, хотя до сихъ поръ не удалось получить въ твердомъ состояніи нѣкоторыхъ тѣлъ, напр., абсолютнаго спирта, сѣрнистаго углерода и пр. Если при охлажденіи небольшого количества жидкости эта послѣдняя можетъ быть поддерживаема въ абсолютно спокойномъ состояніи, то отвердѣваніе можетъ не наступить даже при довольно низкой температурѣ. Но при этомъ, какъ показалъ Жерне, достаточно уже малѣйшаго возмущенія жидкости, достаточно бросить въ нее одну крупинку того вещества, въ какое она должна обратиться, для того, чтобы жидкость мгновенно замерзла.

Если переходъ изъ жидкаго состоянія въ твердое совершается медленно, то частицы тѣла часто складываются въ группы правильной геометрической формы—въ кристаллы,—жидкость, какъ говорятъ, *кристаллизуется*, причемъ, форма образующихся кристалловъ опредѣляется природой кристаллизующагося тѣла, а потому и служитъ характернымъ признакомъ для его распознаванія; она, можно сказать, играетъ ту же роль въ неорганическомъ мірѣ, какъ строеніе организма въ мірѣ организованномъ. Прекрасный примѣръ кристаллизаціи можно наблюдать на висмутѣ или сѣрѣ. Путемъ испаренія растворителя или путемъ охлажденія кристаллизуются также и соли изъ растворовъ.

Если мы наблюдаемъ кристаллизацію на сѣрѣ или на висмутѣ, то для полученія хорошихъ кристалловъ необходимо тотчасъ же послѣ того, какъ отвердѣлъ поверхностный слой, *слить* часть жидкости, еще не успѣвшую отвердѣть; тогда, по удаленіи поверхностнаго слоя, отѣнки сосуда представляются намъ осыпанными великолѣпными кристаллами. Если же жидкость не была слита во-

время, то мало-по-малу отвердѣваетъ вся масса ея, причемъ образовавшіеся кристаллы такъ тѣсно переплетаются между собой, что опредѣленіе формы отдельныхъ кристалловъ становится совершенно невозможнымъ. Примеромъ можетъ служить ледъ.

Отличный образецъ кристаллическихъ образований представляютъ всѣмъ знакомые зимніе узоры на оконныхъ стеклахъ, напоминающие листья папоротника; поучительное въ этомъ отношеніи строеніе снѣжинокъ, изображено на фигурѣ 455.



Фиг. 455.—Кристаллы: видъ снѣжинокъ подъ микроскопомъ.

Если будемъ разсматривать кусокъ льда, то не замѣтимъ въ немъ кристаллическаго строенія, онъ кажется намъ аморфнымъ. Тиндалу удалось при помощи остроумной уловки, показать, что въ дѣйствительности ледъ есть тѣло кристаллическое. Если принять на экранъ пучекъ лучей отъ электрической лампы, прошедшій сперва черезъ тоненькую ледяную пластинку, а потомъ черезъ собирательную чечевицу, то получимъ изображеніе того, что происходитъ при этомъ со льдомъ. Противъ ожиданія, мы наблюдаемъ не равномерное, сплошное



таяніе пластинки, а частичное, идущее по нѣкоторымъ направленіямъ. Отъ группы темныхъ шарообразныхъ пузырьковъ, какъ отъ центра, отходятъ свѣтлые лучи (обыкновенно въ количествѣ шести), — прозрачныя полоски въ мѣстахъ частичнаго таянія, — что въ совокупности напоминаетъ пестикъ, окруженный шестью лепестками. Мало-по-малу эти лепестки зазубриваются по краямъ, принимая видъ листьевъ папоротника; тогда они напоминаютъ вышеупомянутые узоры на оконныхъ стеклахъ. Подобіе горной породы — ледяная пластинка отъ дѣйствія тепловаго луча раскалывается на отдѣльные, ясно различимые, кристаллы. Пестикъ ледянаго цвѣтка есть не что иное какъ пустой промежутокъ, получающійся отъ того, что вода, образуемая въ результатѣ таянія льда, занимаетъ меньшій объемъ, нежели послѣдній.

Большая часть тѣлъ при плавленіи увеличиваются, а при отвердѣваніи наоборотъ уменьшаются въ объемѣ. Исключеніе въ этомъ отношеніи составляютъ ледъ, висмутъ, серебро и чугунъ. Оттого-то этотъ послѣдній, напр., такъ пригоденъ для *вымиванія отъ формы*: проникая, при отвердѣваніи, во всѣ мельчайшія углубленія послѣднихъ, онъ даетъ слѣпокъ, въ совершенствѣ воспроизводящій копируемый предметъ. Расширеніе воды при замерзаніи весьма значительно: оно равно приблизительно  $\frac{1}{14}$ . Этими-то именно расширеніемъ и объясняется то, что льдины плаваютъ на поверхности рѣкъ. Оно же, въ сильныя морозы, губитъ наши растенія, какъ это доказано для виноградной лозы, для шелковичныхъ и оливковыхъ деревьевъ. Наибольшую опасность въ этомъ смыслѣ представляютъ поздніе морозы, являющіеся вѣсною уже въ то время, когда начинается циркуляція питательныхъ соковъ въ растеніяхъ.

Жидкость, представленная самой себѣ при доступѣ воздуха, мало-по-малу уменьшается въ объемѣ и подъ конецъ совершенно исчезаетъ, высыхаетъ, какъ говорятъ; такое исчезновеніе жидкости мы называемъ *истареніемъ ея*. Теплота усиливаетъ испареніе. Особенно быстро испаряются тѣ жидкости, которыя извѣстны подъ названіемъ *летучихъ*. Въ то время какъ для испаренія капли воды требуется значительно долгое время, капля эфира при доступѣ воздуха исчезаетъ мгновенно.

Въ сущности, *газъ* и *паръ* представляютъ собою тождественныя понятія: паръ—это газъ, въ который обращается жидкость путемъ испаренія, и всадки газъ въ дѣйствительности можетъ быть рассматриваемъ, какъ паръ извѣстной жидкости. Но въ обыкновенной рѣчи мы употребляемъ слово *паръ* для обозначенія газообразнаго состоянія такихъ тѣлъ, которыя, какъ напр., сѣра и пр. обычно, встрѣчаются намъ въ жидкомъ или твердомъ видѣ а, *газами* мы называемъ тѣ тѣла, которыя, какъ напр., углекислота, амміакъ, хлоръ и пр., мы привыкли встрѣчать только въ газообразномъ состояніи.

Въ томъ, что пары обладаютъ характерной для газовъ расширяемостью, легко убедиться изъ слѣдующаго опыта. Возьмемъ стеклянный баллонъ, который при посредствѣ своей оправы, можетъ сообщаться, съ одной стороны, съ открытымъ манометромъ, а съ другой—съ воздушнымъ насосомъ. Выкачавъ изъ баллона воздухъ, получимъ разность уровня ртути въ обоихъ вѣтвяхъ манометра, равную высотѣ барометра. Если затѣмъ выѣсто трубки, идущей изъ воздушнаго насоса, соединить съ баллономъ воронку, въ которую налита жидкость, то по мѣрѣ того, какъ эта послѣдняя, капля за каплей, вступаетъ въ баллонъ, и здѣсь обращается въ паръ, уровень ртути въ лѣвомъ коленѣ манометра все болѣе и болѣе понижается, что указываетъ на все болѣе и болѣе возростаніе упругости въ баллонѣ. Наконецъ, наступаетъ такой моментъ, когда вхожденіе жидкости въ баллонъ уже перестаетъ вліять на манометръ, и введенныя капли жидкости, не испаряясь болѣе, осѣдаютъ на стѣнкахъ баллона. Изъ этого видно, что въ пустомъ пространствѣ извѣстнаго объема можетъ образоваться лишь опредѣленное количество пара. Если это количество содержится въ данномъ пространствѣ сполна, то такое пространство называется *насыщеннымъ*; при насыщеніи пары имѣютъ наибольшую упругость.

Теперь будем нагревать наш баллонъ, въ которомъ, предположимъ, находится довольно значительное количество жидкости. По мѣрѣ того, какъ, вслѣдствіе нагреванія, жидкости въ баллонѣ будетъ становиться меньше, упругость заключеннаго въ немъ пара будетъ все болѣе и болѣе возрастать.

Этому опыту можно придать иную форму. Если въ барометръ съ *глубокой чашкой* введемъ нѣсколько капель эфира, то уровень ртути точно же понизится. Здѣсь происходитъ испареніе *всей* введенной жидкости безъ насыщенія пространства. При поднятіи и опущеніи барометрической трубки упругость пара измѣняется: въ каждый моментъ она равна разности между высотой ртути въ нормальномъ барометрѣ и въ нашей трубкѣ. Упругость измѣняется въ этомъ случаѣ въ зависимости отъ того объема, какой занимаетъ паръ, и опыты показываютъ, что въ отношеніи упругости пары, не находящіяся въ соприкосновеніи съ *избыткомъ* жидкости (не насыщающіе пространства) подчиняются закону Маріотта, т. е. при одной и той же массѣ объемъ пара обратно пропорціоналенъ упругости послѣдняго. Если постепенно будемъ опускать барометрическую трубку, то упругость пара будетъ все болѣе и болѣе увеличиваться до тѣхъ поръ, пока не наступитъ, наконецъ, такой моментъ, когда надъ ртутью появится слой жидкаго эфира, т. е. когда часть эфирныхъ паровъ придетъ въ *жидкое состояніе*; съ этого момента упругость пара будетъ оставаться неизмѣнною, а количество жидкости, при дальнѣйшемъ опущеніи трубки, — увеличиваться.

Такой же характеръ носитъ явленіе насыщенія паромъ и въ пространствѣ не пустомъ, а содержащемъ воздухъ или вообще какой-нибудь газъ или смѣсь газовъ; различіе только то, что въ пустотѣ испареніе происходитъ *мигновенно*, а въ атмосферѣ того или иного газа оно совершается *медленно*.

Гей-Люссака, изучившій это явленіе, показалъ, что оно подчиняется слѣдующимъ двумъ законамъ:

- 1) *Количество и упругость пара въ атмосферѣ любого газа и въ пустотѣ одинаковы.*
- 2) *Упругость смеси, состоящей изъ газа, насыщеннаго какимъ-либо паромъ складывается изъ первоначальной упругости газа и наибольшей упругости пара.*

Если жидкость, напр., вода, находящаяся въ открытомъ сосудѣ, нагревается достаточно долго, то пары образуются и внутри жидкости, и пузырьки этихъ паровъ, быстро поднимаясь на поверхность, гдѣ они и лопаются, сообщаютъ всей массѣ жидкости безпорядочное движеніе, сопровождаемое извѣстнымъ шумомъ. Вода, какъ говорятъ, *кипитъ*. Фиг. 456. Прослѣдимъ отдѣльные моменты этого явленія въ ихъ естественной послѣдовательности. Нагрѣваясь прежде всего, стѣнки сосуда, — пусть этотъ будетъ, напр., стеклянный баллонъ, — передаютъ свою теплоту соприкасающемуся съ ними слою жидкости; этотъ послѣдній, нагрѣвшись, становится легче и поднимается вверхъ; его мѣсто занимаетъ болѣе тяжелый — холодный слой, который, въ свою очередь нагрѣваясь, поднимается на поверхность и замѣщается болѣе холоднымъ слоемъ, и т. д. Такимъ образомъ въ жидкости образуются два противоположныхъ теченія: холодные слои движутся внизъ, а теплые вверхъ, и эти теченія совершаются до тѣхъ поръ, пока жидкость не нагрѣется одинаково во всей своей массѣ. Въ существованіи такихъ теченій — *вертежъ* и *внизъ* — очень легко убѣдиться, бросивъ въ нагрѣваемую жидкость немного древесныхъ опилокъ; движеніе этихъ послѣднихъ въ точности изобразитъ намъ движеніе жидкости. Скоро начинаютъ отдѣляться пузырьки газа; это пузырьки воздуха, бывшаго раствореннымъ въ жидкости. Замѣмъ на стѣнкахъ сосуда, въ наиболѣе нагрѣтыхъ мѣстахъ, появляются и пузырьки пара, которые поднимаются въ болѣе холодные слои и здѣсь превращаются въ жидкое состояніе. Это сгущеніе паровъ производитъ особое шипѣніе жидкости, предѣ-



Фиг. 456.

щающее, что послѣдняя скоро закипѣтъ. Наконецъ, пузырьки становятся многочисленнѣе и, выдѣляясь на поверхность, производятъ шквотаніе жидкости. Такъ происходитъ энергичное испареніе жидкости путемъ *кипѣнія*.

Помощью манометра легко замѣрить наибольшую упругость пара вообще; посмотримъ, какова эта упругость при кипѣніи. Если горлышко баллона, содержащаго кипящую воду, приведемъ въ сообщеніе съ открытымъ манометромъ, въ короткомъ колѣнѣ котораго поверхъ ртути налито немного воды, то вода эта тотчасъ же начнетъ испаряться, закипать, причемъ ртуть въ обоихъ колѣнахъ будетъ стоять на одной и той же высотѣ. Отсюда слѣдуетъ, что давленіе (упругость) атмосферы уравнивается наибольшей упругостью паровъ кипящей жидкости; другими словами, *когда жидкость кипитъ, то упругость получающихся при этомъ паровъ равна давленію внешней атмосферы*. Этимъ именно закономъ дается истинное физическое опредѣленіе *кипѣнія*.

Опыты Фарадея, Дюфура и другихъ ученыхъ показали что:

- 1) *Кипѣніе совершенно невозможно для такихъ жидкостей, которыя не содержатъ воздуха или вообще какого-либо газа.*
- 2) *Кипѣнія не происходитъ даже и въ томъ случаѣ, когда въ жидкости растворенъ какой-либо газъ, если только этотъ газъ остается въ растворенномъ состояніи.*
- 3) *Жидкость закипаетъ тотчасъ же, какъ, только начинаютъ выдѣляться пузырьки газа.*

Кипѣніе жидкости можетъ замедляться въ зависимости отъ вещества сосуда, если прилипаніе газовыхъ пузырьковъ къ стѣнкамъ послѣдняго болѣе или менѣе значительно.

Иногда испареніе происходитъ безъ соприкосновенія жидкости со стѣнками сосуда. Это бываетъ именно въ случаѣ *сфероидальнаго состоянія* жидкостей, изученнаго Бутинъ въ 1842 г. Если въ раскаленный серебряный тигель налить немного воды, то жидкость не разливается по стѣнкамъ тигля и не испаряется мгновенно, а принимаетъ форму шарика, который, принявъ быстрое вращательное движеніе около своей оси, испаряется довольно медленно, причемъ видимаго кипѣнія не происходитъ. Если прекратимъ нагреваніе тигля, и послѣдній охладится, то вода тотчасъ же разольется по дну и закипитъ, издавая при этомъ болѣе или менѣе сильный шумъ.

Въ сфероидальное состояніе могутъ приходить даже весьма летучія жидкости, и съ какою бы жидкостью ни производился опытъ, всегда можно убѣдиться, что кипѣнія при этомъ не происходитъ.

Пользуясь этимъ замѣчательнымъ явленіемъ, Бутинъ замораживалъ воду и ртуть въ тиглѣ, раскаленномъ до бѣла. Если въ такой раскаленный тигель влить немного жидкой сѣрнистой кислоты, то послѣдняя придетъ въ сфероидальное состояніе и начнетъ медленно испаряться; при этомъ испареніи произойдетъ такое пониженіе температуры, котораго будетъ достаточно для замораженія небольшого количества воды, влитаго въ это время въ раскаленный тигель. Взявъ вмѣстѣ сѣрнистой кислоты жидкую закись азота, можно мгновенно заморозить ртуть.

Но какимъ же образомъ жидкость можетъ оставаться въ сфероидальномъ состояніи, не закипать, находясь въ раскаленномъ тиглѣ? Это возможно благодаря тому, что жидкость въ сфероидальномъ состояніи не смачиваетъ сосуда, т.-е. не прикасается къ его стѣнкамъ. Въ этомъ можно убѣдиться путемъ слѣдующаго опыта. Накаливъ серебряную пластинку, расположенную совершенно горизонтально, наливаютъ на нее нѣсколько капель воды, которая тотчасъ же приходитъ въ сфероидальное состояніе. При помощи платиновой проволоки, воткнутой въ водяной шарикъ, послѣдній удерживается въ центрѣ пластинки. Если теперь на вѣкоторомъ разстояніи отъ пластинки помѣстятъ горящую свѣчу, то ей можно будетъ ясно видѣть черезъ промежутокъ между шарикомъ и пластинкой. Существованіе такого промежутка можетъ быть доказано и другимъ путемъ. Именно, направивъ пучекъ лучей отъ электрической лампы такъ, чтобы онъ

прошелъ какъ разъ надъ пластинкой, можно затѣмъ, помощью надлежащимъ образомъ расположенной чечевицы, продолжить на экранъ увеличенное изображение сферической капли и промежутка между нею и пластинкою.

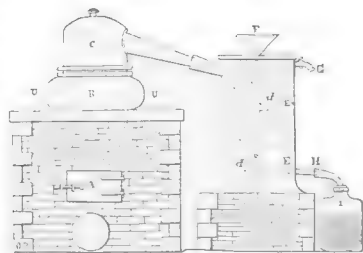
Для того, чтобы парикъ могъ держаться на вѣкторномъ разстояніи отъ пластинки, онъ долженъ быть окруженъ слоемъ пара, препятствующимъ жидкости нагрѣться до температуры кипѣнія. Насколько велика упругость этого пара, видно изъ того, что Церкену не удалось прогнать ни одной капли воды черезъ малое отверстіе въ желѣзной трубкѣ, въ которой содержалась вода въ сферическомъ состояніи, не смотря на то, что онъ производилъ на содержимое этой трубки давленіе въ 60 атмосферъ.

Когда было изучено сферическое состояніе жидкостей, то получили естественное объясненіе многія явленія, до тѣхъ поръ непонятныя. Вотъ какъ объясняется напр., вѣсѣмъ извѣстная возможность взрыва паровыхъ котловъ при ихъ охлажденіи. Вода, доставляемая въ котель, нерѣдко содержитъ известковыя соли, которыя, осаждающіяся на стѣнкахъ котла, покрываютъ ихъ плотнымъ слоемъ, отдѣляющимъ воду отъ металлической оболочки. Если въ то время, какъ эта оболочка будетъ накалена до-красна, гдѣ-нибудь отвалится известковая кора, то вода отъ соприкосновенія со стѣнками котла придетъ въ сферическое состояніе; когда-же котель охладится, то вода изъ сферическаго состоянія перейдетъ въ паровое, и образующагося при этомъ огромнаго количества пара будетъ достаточно для взрыва котла. Справедливость приведеннаго объясненія Бутинъ доказалъ слѣдующимъ опытомъ. Если, накаливши до-красна металлическую бутылку, налить въ нее нѣсколько капель воды, то онѣ придутъ въ сферическое состояніе; тогда крѣпко закупориваютъ бутылку и даютъ ей охладиться. Въ тотъ моментъ, когда вода, выйдя изъ сферическаго состоянія, внезапно обратится въ паръ, пробка вылетитъ и вслѣдъ за нею вырвется изъ бутылки струя горячаго пара.

Тѣмъ же свойствомъ жидкостей легко объясняются и такіа явленія, которыя въ былыя времена считались чудесными. Такъ, въ средніе вѣка нерѣдко случалось, что преступники, лизавшіе раскаленное желѣзо, не обжигали языка. Это происходило оттого, что слюна, прикасаясь къ раскаленному металлу, приходила въ сферическое состояніе и тѣмъ защищала языкъ отъ непосредственнаго соприкосновенія съ горячимъ желѣзомъ. Отсюда понятно, что можно совершенно безопасно опустить руку въ расплавленный чугунъ, если только смочить ее передъ тѣмъ, какой-нибудь летучей жидкостью, напр., спиртомъ или эфиромъ. Такимъ-то путемъ фокусники нерѣдко дурачатъ легковѣрную публику.

Познакомившись съ характеромъ кипѣнія жидкостей и съ тѣми законами, которымъ оно подчиняется, мы перейдемъ теперь къ рѣшенію двухъ важныхъ въ практическомъ отношеніи задачъ: 1) къ *очищенію* жидкости, т.-е. къ освобожденію ея отъ постороннихъ примѣсей, напр., отъ солей, и 2) къ *раздѣленію* нѣсколькихъ, смѣшанныхъ между собою жидкостей, обладающихъ различною степенью летучести. Обѣ эти задачи рѣшаются путемъ извѣстной операціи, извѣстной подъ именемъ *перегонки*, или *дистилляціи*.

Вода рѣкъ и источниковъ, содержа въ растворѣ тѣ или нныя соли, не годится въ такомъ видѣ для химическихъ операцій. Для очищенія ея отъ сказанныхъ примѣсей употребляется такъ-называемый *перегонный кубъ*, или *алембикъ*. Этотъ аппаратъ состоитъ изъ *котла*, или *куба В*, накрываемаго *колпакомъ*, или



Фиг. 457.—Дистилляціонный аппаратъ—алембикъ.

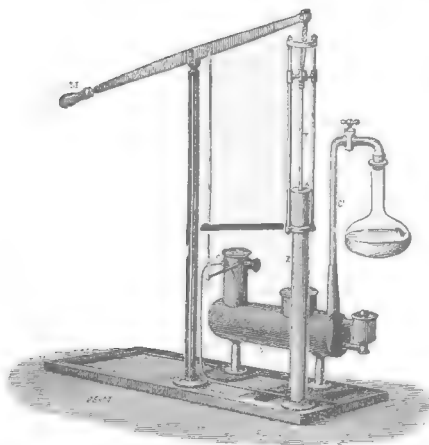
шлемомъ С, изъ котораго паръ проводится боковою трубою въ спиральную трубу, или *змѣевикъ* d (фиг. 457). Этотъ послѣдній помѣщается въ сосудѣ Е съ холодной водою, служащей для охлажденія пара, который, сгущаясь въ змѣевикѣ, превращается въ *перенатную* (или *дистиллированную*) воду, вытекающую въ сосудъ I.

При сгущенія паровъ вода согрѣваемая въ сосудѣ Е быстро нагрѣвается, а потому она должна постоянно перемѣняться; это достигается тѣмъ, что холодная вода безпрерывно притекаетъ по трубѣ F, доходящей почти до дна холодильника, и въ то же время излишекъ воды удаляется черезъ кранъ G при дѣланнй къ верхней части сосуда.

Котелъ наполняется водою приближительно до трехъ четвертей. Для того, чтобы получить чистую воду, перегонку ведутъ только до тѣхъ поръ, пока вода въ котлѣ не уменьшается до четверти своего первоначальнаго объема.

Когда перегоняется смѣсь двухъ неодинаково летучихъ жидкостей, то уже въ началѣ операциі продуктѣмъ перегонки является смѣсь, въ которой болѣе летучая жидкость находится въ большемъ количествѣ сравнительно съ другой жидкостью. Перегоняя затѣмъ эту смѣсь, получаемъ такую, въ которой процентное содержаніе болѣе летучей жидкости еще больше. Такимъ образомъ, въ результатъ многократной перегонки получается, наконецъ, такая смѣсь, въ которой болѣе летучая жидкость содержится въ количествѣ, во много разъ превосходящемъ содержаніе менѣе летучей. Этими-то путемъ въ

прежнее время изъ винъ извлекался спиртъ, шедшій потомъ на приготовленіе 46-ти градусной водки. Но этотъ способъ, — способъ такъ-называемой *дробной перегонки*, сопряженъ съ большою тратой времени, повышающей расходы производителя на фабрикацію продукта; оттого въ промышленности вмѣсто него пользуются непрерывной перегонкой. Пары смѣси, до ихъ вступленія въ змѣевикъ, пропускаются чрезъ *ректификаторъ* (очищательный аппаратъ), въ которомъ температура ниже, чѣмъ въ котлѣ, благодаря чему въ немъ сгущается наименѣе летучая жидкость, которая потомъ отводится обратно въ котелъ, между тѣмъ какъ пары другой жидкости проходятъ дальше въ змѣевикъ, гдѣ и сгущаются въ свою очередь.



Фиг. 458.—Аппаратъ Карре для приготовленія льда.

Всегда, когда жидкость испаряется безъ помощи очага, она охлаждается; оттого-то рука, смоченная эфиромъ, — жидкостью быстро испаряющейся, — чувствуетъ значительный холодъ. На только-что указанномъ явленіи и основано полученіе прохладной воды въ теплыхъ странахъ. Вода наливается въ такъ-называемыя *ампараны* — сосуды изъ пористой глины; просачиваясь чрезъ поры, вода легко испаряется на наружной поверхности сосуда, чѣмъ сильно охлаждается его содержимое.

Шотландскій физикъ Лесли показалъ въ 1817 г., что вода даже можетъ быть заморожена дѣйствіемъ своего испаренія. Подъ колоколъ воздушнаго на-

соса помѣщаютъ сосудъ съ сѣрной кислотой (фиг. 459), надъ которымъ устанавливаютъ, на треножной подставкѣ, тоненькую мѣдную чашечку, содержащую нѣсколько капель воды. Если изъ-подъ колокола выкачать воздухъ, то вода сперва станетъ быстро испаряться, причемъ образующіеся пары будутъ поглощаться сѣрной кислотой,—но уже очень скоро обратятся въ кусокъ льда. Основываясь на этомъ принципѣ, Карре устроилъ аппаратъ, позволяющій получить въ теченіе нѣсколькихъ минутъ довольно значительное количество льда. Приборъ этотъ состоитъ (фиг. 458) изъ свинцоваго резервуара, содержащаго сѣрную кислоту, отъ котораго отходитъ двукратно согнутая трубка, сообщаемая, посредствомъ каучуковой трубки, съ графиномъ, въ который наливается вода. Съ другой стороны, резервуаръ сообщается съ воздушнымъ насосомъ. Съ коромысломъ послѣдняго соединенъ металлическій стержень, который приводитъ въ движеніе мѣшалку, погруженную въ сѣрную кислоту. Степень производимаго холода опредѣляется быстротой испаренія, испареніе же, очевидно, совершается тѣмъ быстрее, чѣмъ меньшее количество паровъ содержится въ окружающей атмосферѣ; другими словами, значительное пониженіе температуры необходимо, чтобы водяные пары по мѣрѣ своего образованія куда-нибудь исчезали: въ опытѣ Лесли они и поглощаются сѣрной кислотой. Быстрота испаренія увеличивается также при увеличеніи поверхности соприкосновенія жидкости съ окружающей атмосферой; оттого-то мы чувствуемъ холодъ по выходѣ изъ ванны, когда все наше тѣло влажно.



Фиг. 459.

Въ совершенно спокойномъ воздухѣ испареніе происходитъ медленно, потому что соприкасающійся съ жидкостью слой воздуха весьма скоро насыщается парами. Движеніе воздуха, наоборотъ, ускоряетъ испареніе; такъ, при порядочномъ вѣтрѣ земля скоро высыхаетъ отъ дождя, на вѣтрѣ бѣлье сохнетъ быстро—тѣмъ быстрее, чѣмъ суше вѣтеръ. Подвергаясь дѣйствію вѣтра, вполнѣвшій человекъ и въ сильнѣйшій лѣтній зной можетъ весьма серьезно простудиться—вслѣдствіе энергичнаго испаренія пота съ поверхности его тѣла.

Жидкость испаряется тѣмъ легче, чѣмъ она теплѣе, во-первыхъ потому, что упругость пара возрастаетъ вмѣстѣ съ температурой, а, во-вторыхъ, потому что чѣмъ выше температура окружающей среды, тѣмъ больше предѣлъ насыщенія послѣдней.

Наиболѣе вѣрный признакъ, по которому мы знаемъ, что упругость пара въ данный моментъ наибольшая,—это—присутствіе, рядомъ съ паромъ, той жидкости, изъ части которой образовался паръ. Слѣдовательно сжиженіе газа можетъ быть достигнуто только послѣ того, какъ упругость газа достигла своей наибольшей величины: именно при такихъ условіяхъ достаточно еще малѣйшаго уменьшенія объема газа для того, чтобы послѣдній перешелъ въ жидкое состояніе, обратилась въ ту жидкость, изъ которой онъ получился путемъ испаренія. Можно сказать вообще, что паръ обращается въ жидкость при условіяхъ, какъ разъ обратныхъ тѣмъ, при какихъ онъ образуется. Зимой водяные пары нашихъ квартиръ, обѣдая на холодныхъ оконныхъ стеклахъ, обращаются здѣсь въ жидкое состояніе. Отъ соприкосновенія съ холоднымъ воздухомъ водяные пары, выдыхаемые нашими легкими, превращаются въ туманъ.

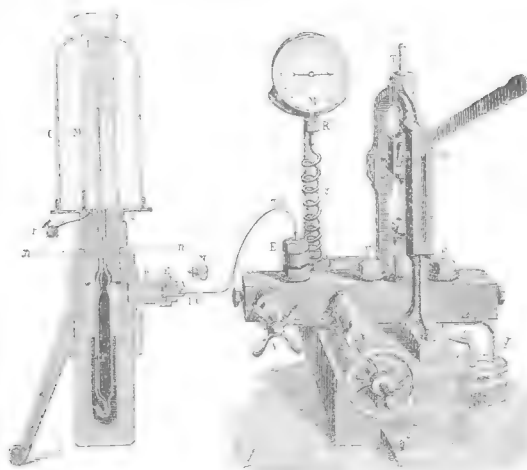
Сжиженіе паровъ, т.-е. переходъ ихъ въ жидкое состояніе, иначе называется *сгущеніемъ* ихъ. Если испареніе сопровождается поглощеніемъ теплоты, то при переходѣ пара въ жидкое состояніе теплота, наоборотъ, освобождается. На этой-то обратной отдачѣ тепла паромъ при сгущенія послѣдняго и основано столь распространенное въ настоящее время паровое отопленіе.

Всѣ безъ исключенія газы могутъ быть приведены въ жидкое состояніе или путемъ *сжатія*, или путемъ *охлажденія*, или, наконецъ обоими этими способами вмѣстѣ.

Сгущеніе газа впервые произвелъ Деві, который обратилъ въ жидкое состояніе хлоръ. Впослѣдствіи многіе газы были переведены въ жидкость Фарадеемъ.

Если наибольшая упругость газа, при достижимомъ холодѣ, меньше давления атмосферы, то для перевода такого газа въ жидкое состояніе, его пропускаютъ чрезъ трубку, помѣщенную въ надлежащую охладительную смѣсь и сообщающуюся съ вѣшнымъ воздухомъ. Такимъ образомъ пользуясь трубкой, окруженной льдомъ, сгущаютъ закись азота, хлорноватистую кислоту и т. д. Употребляя для охлажденія трубки смѣсь изъ льда и соли, можно превратить въ жидкое состояніе сѣрнистую кислоту. Хлоръ, цианъ и амміакъ были сгущены Дріономъ и Луаромъ, которые воспользовались для этой цѣли холодомъ быстрого испаренія жидкой сѣрнистой кислоты.

Для того, чтобы опытъ обращенія газа въ жидкость, удался, газъ долженъ быть чистымъ, ибо, находясь въ смѣси съ какимъ-либо другимъ газомъ, онъ для данной степени холода, можетъ не приобрести упругости, равной атмосферному давленію, и та упругость, до которой возможно будетъ довести этотъ газъ, легко можетъ оказаться меньше его наибольшей упругости, а при такихъ условіяхъ сжиженіе его, конечно, невозможно.



Фиг. 460.—Аппаратъ Кальете для сжиженія

Путемъ внезапнаго освобожденія газовъ отъ весьма сильнаго давленія Кальете удавалось получать охлажденіе ихъ несравненно болѣе сильное, нежели то, какое обыкновенно достигалось употребленіемъ охладительныхъ смѣсей. Доведя давленіе на газъ до 200—300 атмосферъ, а занимаемый имъ объемъ до нѣсколькихъ кубическихъ сантиметровъ, онъ внезапно прекращалъ давленіе; благодаря этому газъ, получалъ возможность занять первоначальный объемъ, что влекло за собою появленіе тумана (т.е жидкости) при громадномъ пониженіи температуры.

Вотъ, въ болѣе точныхъ словахъ, способъ Кальете. Очищенный и высушенный газъ собираютъ въ стеклянную трубку ТТ (фиг. 460), которая внизу расширяется до двухъ сантиметровъ и оканчивается крючкообразнымъ загибомъ,

а въ верхней своей части имѣетъ характеръ волосной трубки. Расположивъ трубку ТТ горизонтально, медленно пропускаютъ чрезъ нее, при помощи научковой трубки, надѣтой на загнутый конецъ, чистый и сухой газъ, который выгоняетъ изъ нея воздухъ и осушаетъ ея стѣнки. Затѣмъ тонкій конецъ заплавивается на лампѣ и трубка ставится вертикально, такъ что введенная въ нее передъ тѣмъ капля ртути, опускаясь, запираетъ нижнее отверстие. Послѣ этого трубку помѣщаютъ въ толстостѣнный желѣзный резервуаръ В со ртутью, такъ чтобы изъ резервуара выходилъ только капиллярный ея конецъ. Небольшой нагнетательный (всасывающій) и выѣстъ толкающій) насосъ G вгоняетъ воду въ резервуаръ В, которая проталкиваетъ вверхъ находящуюся въ трубкѣ ТТ каплю ртути. Последняя, несмотря на свою ничтожную величину, способна выдержать огромныя давленія водѣтвѣ того, что выѣстъ давленіе постоянно уравновѣшивается внутреннимъ давленіемъ въ трубкѣ. Когда газъ вталкивается такимъ образомъ въ капиллярную часть трубки, причемъ упругость его (показываемая металлическимъ манометромъ М) можетъ сдѣлаться больше 800 атмосферъ, открываютъ кранъ У, благодаря чему вода вырывается изъ резервуара, вытекаетъ чрезъ трубку d, и манометръ тотчасъ же падаетъ до одной атмосферы, газъ же, внезапно, освободившись отъ давленія, обращается въ жидкость: въ трубкѣ появляется туманъ. Для охлажденія газа, нагревающегося отъ сжатія, трубку окружаютъ цилиндромъ съ холодною водою, который обвиваютъ еще большимъ колпачкомъ С, для предохраненія экспериментатора отъ опасности въ случаѣ взрыва.

Этимъ способомъ Кальете (въ 1877 г.) привелъ въ жидкое состояніе кислородъ, водородъ; азотъ, окись углерода, азотноватый ангидридъ и этиленъ, — газы, ранѣе считавшіеся *постоянными*, т.-е. несжимаемыми.

До сихъ поръ мы говорили о сгущеніи газовъ путемъ охлажденія; теперь обратимся къ сгущенію посредствомъ сжатія. Не прибѣгая къ дѣйствию внезапнаго прекращенія сжатія, Кальете, при помощи вышеописаннаго прибора, однимъ только сжатіемъ привелъ въ жидкое состояніе сѣрный и угольный ангидриды, закись азота и нѣкоторые другіе газы.

Бертело подвергаетъ газъ огромному давленію при помощи простого, но весьма остроумнаго приема. Именно, онъ вгоняетъ газъ въ трубку большого ртутнаго термометра и затѣмъ, помѣстивъ верхнюю часть термометра въ охлаждаемую смѣсь, нагреваетъ его резервуаръ; отъ этого ртуть поднимается вверхъ и сжимаетъ содержащійся въ трубкѣ газъ. Предѣлъ, до котораго можетъ быть доведено сжатіе, опредѣляется крѣпостью трубки; Бертело произвелъ рядъ такихъ опытовъ, пользуясь термометрами, выдерживавшими давленіе свыше 800 атмосферъ.

Можно произвести сжатіе газа и инымъ путемъ—накачивая его посредствомъ нагнетательнаго насоса въ приемникъ съ крѣпкими стѣнками. Фарадей производилъ сгущеніе освобождая путемъ соответствующихъ химическихъ реакцій газы въ большомъ и совершенно замкнутомъ пространствѣ. Тотъ же результатъ даетъ и *диссоціація* \*). Мысль о превращеніи газовъ въ жидкое состояніе путемъ образованія ихъ въ чрезвычайно большомъ количествѣ принадлежитъ Деви, но впервые она была выполнена Фарадеемъ. Если требуется превратить въ жидкость, напр., аммиачный газъ, то пользуются изогнутой трубкой (фиг. 461) съ весьма толстыми стѣнками, одинъ конецъ которой А, запаиваютъ. Въ открытую вѣтвь С, вводятъ твердое соединеніе амміака съ хлористымъ серебромъ, послѣ чего конецъ этой вѣтви заплавляютъ. Затѣмъ вѣтвь С нагреваютъ, охлаждая въ то же время другой конецъ А. Тогда хлористое серебро освобождаетъ поглощенный имъ



Фиг. 460.  
Трубка Фарадая.

\*) Раззореніе тѣла, ограничиваемое, для каждой температуры, нѣвѣстной опредѣленной упругостью освобожденнаго газа.



ранѣ амміакъ, въ количествѣ, могущемъ занять объемъ, въ нѣсколько разъ большій объема серебряной соли; но такъ какъ, пространство, въ которомъ должно помѣститься выделившійся газъ, слишкомъ мало, то онъ испытываетъ сильѣйшее сжатіе, приобретаетъ свою наибольшую упругость, что, вмѣстѣ съ охлажденіемъ вѣтви А, обуславливаетъ появленіе жидкости въ этой послѣдней—сгущеніе амміака. Подобнымъ же образомъ можетъ быть превращена въ жидкость и углекислота: углекислый газъ, выделяющійся при дѣйствіи сѣрной кислоты на углеизвестковую соль, проводится въ сосудъ, назначенный для сгущенія и играющій ту же роль, какъ охлаждаемая вѣтвь Фарадеевской трубки. Если открытъ сгуститель, то жидкая углекислота начнетъ улетучиваться, и отъ дѣйствія холода, произведеннаго испареніемъ нѣкоторой части ея, осталшая углекислота будетъ превращена въ твердое тѣло—губчатую снѣгообразную массу, отличающуюся малой теплопроводностью и не имѣющую склонности быстро испаряться на воздухъ. Подобная углекислота, существующая и въ продажѣ въ видѣ кусковъ, завернутыхъ въ вату, служить превосходнымъ средствомъ для приготовления охлаждающихъ смѣсей.

Употребляя сильное сжатіе вмѣстѣ съ охлажденіемъ, Пикте, въ Женевѣ, одновременно съ Кальете и независимо отъ него, превратилъ въ жидкое состояніе газы, которые ранѣе считались постоянными.

Приобрѣтенныхъ нами до сихъ поръ свѣдѣній о общемъ характерѣ термическихкихъ явленій достаточно для того, чтобы мы могли пореи́ти къ опредѣленію свойствъ теплоты. Ощущенія тепла и холода не могутъ служить намъ надежнымъ руководствомъ при изученіи тепловыхъ явленій. Здѣсь необходимо пользоваться объективнымъ и точнымъ мѣриломъ степени теплоты, присущей изучаемому тѣлу въ данный моментъ. Такимъ мѣриломъ является *температура*. Когда тѣло дѣлается теплѣе, чѣмъ оно было въ опредѣленный моментъ, мы говоримъ, что *температура* его *повышается*; наоборотъ, когда мы говоримъ, что *температура* какого-либо тѣла *понижается*, мы хотимъ сказать, что тѣло это дѣлается холодѣе прежняго; наконецъ, если тѣло въ теченіе извѣстнаго времени сохраняетъ одну и ту же степень тепла, — не нагревается и не охлаждается, мы говоримъ, что температура тѣла въ рассматриваемое время остается *постоянною*.

Если помѣстить нѣсколько тѣлъ съ различной температурой въ такое пространство, которое въ теченіе нужнаго для опыта времени поддерживается при одной и той же температурѣ, то тѣла болѣе теплыя станутъ охлаждаться, а болѣе холодныя—нагреваться, и это будетъ продолжаться до того момента, пока всѣ тѣла не примутъ одинаковой температуры, и именно температуры окружающей ихъ среды. Это значитъ, что, стремясь къ тепловому равновѣсію, тѣла болѣе теплыя, т.-е. съ болѣе высокой температурой, отдадутъ часть своей теплоты тѣламъ менѣе теплымъ, т.-е. съ низшей температурой. Такимъ образомъ температура опредѣляется обмѣнъ тепла между различными тѣлами.

Мы видѣли ранѣе, что при нагреваніи тѣла расширяются, а при охлажденіи—сжимаются. Выражаясь болѣе точно, нужно сказать, что *объемъ большинства тѣлъ, если только видъ ихъ и испытываемое ими внутреннее давленіе останутся неизмѣнными, будетъ тѣмъ больше, чѣмъ выше ихъ температура*.

Положимъ, что мы имѣемъ баллонъ, наполненный какой-нибудь жидкостью, которая поднимается въ высокую и узкую трубку, отходящую отъ баллона. Наблюдая этотъ приборъ на воздухѣ въ теченіе нѣкотораго времени, видимъ, что въ различные моменты высота стоянія жидкости въ трубкѣ неодинакова,—другими словами, что объемъ жидкости измѣняется. Это значитъ, что температура атмосфернаго воздуха не остается постоянно въ продолженіе опыта, что она не можетъ служить мѣриломъ для сравненія между собою различныхъ температуръ. Но если тотъ же приборъ помѣстить въ тающій ледъ, то жидкость скоро станетъ на извѣстномъ уровнѣ, который она будетъ сохранять неизмѣнно въ теченіе какого угодно времени, какъ бы при этомъ ни измѣнялась температура окружающаго воздуха. Это выражаютъ, говоря что *температура таинія*

льда постоянна. Но постоянная температура плавления свойственна не одному льду а и всѣмъ прочимъ тѣламъ; поэтому можно сказать, что *температура тѣла, подвергающагося плавленію, остается одинаковой во все время плавленія*. Разумѣется только, что температура плавленія различна для различныхъ тѣлъ.

Постоянную температуру представляет и другое явленіе. Помѣщая нашъ снарядъ въ пары, являющіеся при кипѣніи какой-либо жидкости, мы убѣждаемся въ томъ, что уровень жидкости въ трубкѣ остается и въ этомъ случаѣ неизмѣннымъ. Это приводитъ къ слѣдующему закону: *одна и та же жидкость въ одинакъ и тѣхъ же условіяхъ всегда начинаетъ кипѣть при одной и той же температурѣ, и эта температура остается одинаковой во все время кипѣнія*. Уже одно это даетъ намъ рядъ постоянныхъ температуръ, но такъ какъ, кромѣ того, температура паровъ, насыщающихъ пространство зависить не только отъ природы испаряющейся жидкости, но и отъ давленія окружающей атмосферы, а именно температура эта тѣмъ выше, тѣмъ больше давленіе окружающей атмосферы, то мы получаемъ *непрерывный и бѣсконечный рядъ постоянныхъ температуръ*.

Какъ мы уже знаемъ, объемъ, занимаемый тѣломъ, можетъ показывать его температуру. Но будучи помѣщено въ ту или другую среду, всякое тѣло, по истеченіи извѣстнаго времени, принимаетъ температуру этой среды, такъ что, если известна температура тѣла, то известна выѣстъ съ тѣмъ и температура окружающей его среды. Въ этомъ-то и состоитъ идея *термометра*. Такимъ образомъ, *термометръ есть не что иное, какъ система, показывающая свою собственную температуру, а въ то же время и температуру среды, въ которой эта система находится въ равновѣсіи*.

Первыя указанія на термометръ мы, какъ кажется, встрѣчаемъ у Ванъ-Гельмонта, который въ началѣ XVII столѣтія, описываетъ приборъ, состоящій изъ полого шара, отъ котораго отходитъ стеклянная трубка; на повышеніе температуры указывалъ подъемъ, а на пониженіе ея—опущеніе воды въ этой трубкѣ. Изобрѣтеніе термометра относятъ къ началу XVII столѣтія и приписываютъ Корнелию Дреббелю. Термометръ послѣдняго состоялъ изъ стекляннаго шара, продолжавшагося въ вертикальную трубку, погруженную въ сосудъ съ подкисленной водой. Шаръ наполнялся слегка разрѣженнымъ воздухомъ; въ противовѣдствіе холоду подкисленная вода поднималась до той или иной высоты, смотря по температурѣ. Но въ такомъ видѣ термометръ Дреббеля былъ чувствителенъ къ измѣненіямъ атмосфернаго давленія, существованіе котораго тогда еще не знали.

Первый термометръ съ жидкостью—именно спиртовой былъ устроенъ флорентинскими академиками.

Для приготоленія термометровъ годятся далеко не всѣ тѣла. Не годятся, во-первыхъ, тѣ, которыя представляютъ минимальный объемъ при извѣстной температурѣ, ибо у такихъ тѣлъ объемъ долженъ быть одинаковымъ при двухъ различныхъ температурахъ; образцомъ подобныхъ тѣлъ служитъ вода; во-вторыхъ, для термометровъ нельзя брать такихъ веществъ, которыя отъ теплоты намѣняются химически; въ-третьихъ, наконецъ, не годятся тѣ, которыя при нагреваніи измѣняются механически. При быстромъ нагреваніи или охлажденіи большая часть твердыхъ тѣлъ — въ частности металлы и стекло испытываютъ родъ закалки, намѣняющей строеніе молекулъ. Такъ, напр., если измѣрить длину стекляннаго стержня по погруженіи его въ тающій ледъ изъ обыкновенной температуры и послѣ нагреванія, то найдемъ величины неодинаковыя; для того, чтобы длина предварительно нагрѣтаго стержня сдѣлалась равна длинѣ ненагрѣтаго, требуется нѣрѣдко весьма продолжительное время. Жидкости и газы не представляютъ этого неудобства, но зато они должны быть помѣщаемы въ твердую оболочку, которая своимъ неправильнымъ расширеніемъ, дающимъ неодинаковую емкость при двухъ одинаковыхъ температурахъ, въ большемъ или меньшемъ степени умалитъ точность показаній термометра. Но жидкости расширя-



сравнимы, прежде всего необходима *единообразная шкала*. Во Франціи и въ большей части другихъ государствъ принята *стоградусная шкала*. За нулевую температуру принимаютъ температуру таянія льда, а температуру паровъ чистой кипящей воды, при давленіи столба ртути въ 76 сантиметровъ, помѣщенного въ тающий ледъ, обозначаютъ на термометрѣ числомъ 100. Въ этой скалѣ *градусомъ* называется сотая часть величины расширенія тѣла при переходѣ его отъ температуры 0 къ температурѣ 100. Сто градусная шкала впервые была предложена Цельсіемъ, который сознавалъ необходимость двухъ постоянныхъ точекъ; за такія точки онъ принялъ температуры таянія льда и паровъ кипящей воды. Фаренгейтъ, въ 1714 г., устроилъ сравнительный термометръ, употребивъ для этой цѣли спиртъ, который онъ нѣсколько времени спустя замѣнилъ ртутью; въ этомъ термометрѣ 0 обозначаетъ температуру смѣси опредѣленныхъ количествъ тающего льда и поваренной соли, температуру кипящей воды обозначаетъ число 212, а температурѣ таянія льда соответствуютъ 32°. Въ 1780 г. устроилъ свой термометръ Реомюръ, выбравъ для этого разведенный спиртъ; въ его скалѣ 0 соответствуетъ температурѣ таянія льда, а температуру кипящей воды обозначаетъ число 80.

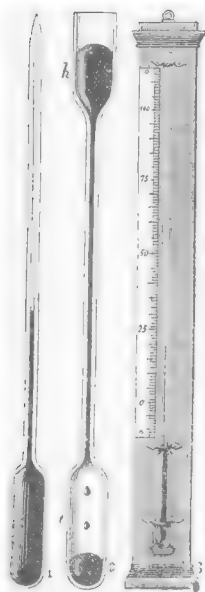
Вышеуказанное опредѣленіе *градуса* не можетъ быть приложено къ газовымъ термометрамъ въ томъ самомъ видѣ, какъ оно было выражено, когда рѣчь шла о термометрѣ съ жидкостью. Какъ мы знаемъ, газы подчиняются закону Мариотта, состоящему въ томъ, что при постоянныхъ массѣ и температурѣ объемъ газа измѣняется обратно пропорціонально давленію. Но условія, необходимыя для возможности непосредственнаго наблюденія измѣненія объема газа въ зависимости отъ измѣненія температуры при сохраненіи газомъ своей первоначальной массы,—эти условія весьма трудно выполнимы.

Поэтому газовые термометры устриваются такъ, чтобы показанія ихъ были основаны на измѣненіи упругости, а не объема газа; этого достигаютъ тѣмъ, что массу газа стремятся поддерживать постоянною, благодаря чему упругость его измѣняется въ зависимости отъ измѣненія температуры по тому же закону, какому слѣдуетъ измѣненіе объема при постоянной упругости. Такимъ образомъ, *градусомъ* здѣсь называется сотая часть величины измѣненія упругости рассматриваемого газа при переходѣ его отъ постоянной точки, обозначенной нулемъ, къ той постоянной точкѣ, которой соответствуетъ число 100.

Никто не станетъ сомнѣваться въ томъ, что всѣ стоградусные термометры будутъ давать одинаковыя показанія какъ въ тающемъ лдѣ, такъ и въ парѣхъ кипящей воды, но можно ли быть увѣреннымъ въ томъ, что величина градуса будетъ оставаться одной и той же, какое бы тѣло ни употреблять для приготовления термометра? Можно ли думать, что при той температурѣ, при которой ртутный термометръ показываетъ 20°, то же число 20 будутъ показывать и термометры спиртовой, воздушный и изъ углекислага газа? Опытъ показываетъ, что такихъ согласныхъ показаній не бываетъ, причемъ разница въ показаніяхъ различныхъ термометровъ оказывается тѣмъ значительнѣе, чѣмъ выше температура во время наблюденія. Эта разница объясняется тѣмъ, что твердые и жидкія тѣла расширяются по различнымъ законамъ, измѣняющимся съ температурой даже для одного и того же тѣла. Газы, которые, какъ мы видѣли, всѣ подчиняются одному и тому же закону расширенія, должны были бы, слѣдовательно, давать термометры, вполнѣ сравнимые при всякой температурѣ. Однако же, на жидкіе и газовые термометры являются далеко не совершенными, благодаря тому, что мы опредѣляемъ температуру по измѣненію упругости при постоянномъ объемѣ, а не по измѣненію объема газа; измѣненіе же упругости не слѣдуетъ строго закону Мариотта, причемъ отклоненіе отъ названнаго закона опредѣляется температурой и давленіемъ.

Такимъ образомъ, совершенно необходимо имѣть нормальный термометръ, къ которому могли бы быть проводимы показанія всякаго другаго термометра: такіе, приведенныя къ нормальному термометру, показанія будутъ уже сравнимы между собою. Благодаря цѣлому ряду точныхъ исследованийъ, Ренью убѣдился,

что воздухъ, азотъ и водородъ довольно строго подчиняются закону Мариотта въ широкихъ предѣлахъ, а потому онъ принялъ за нормальный термометръ — термометръ воздушный. Шапюа, повторившій опыты Реньо, съ своей стороны устроилъ образцовый термометръ, употребивъ для этого водородный газъ. На этомъ основаніи международный комитетъ вѣса и мѣры принялъ за *нормальный стоградусный термометръ*—термометръ водородный, двѣ постоянныя точки котораго соответствуютъ температурамъ тающаго льда и паровъ дистиллированной кипящей воды при давленіи, производимомъ столбомъ ртути въ 76 сантиметровъ, имѣющимъ температуру тающаго льда, при уровнѣ моря и 45° широты; перво-



Фиг. 463.  
Ртутный термометръ.

начальная же упругость водорода должна быть равна ртутному столбу въ 1 метръ, т.-е. 0,018168 нормального атмосфернаго давленія. Согласно этому, *нормальнымъ градусомъ* должна называться сотая часть величины измѣненія упругости водорода, взятаго при вышеуказанныхъ условіяхъ, вслѣдствіе повышенія температуры съ 0° до 100°. Упомянутый образцовый термометръ изображенъ на фигурѣ 462. Сдѣланный изъ иридіевоплатиновой цилиндрической резервуаръ ТТ', емкостью приблизительно въ литръ, помѣщенъ въ открытомъ ящикѣ съ двойными стѣнками; смотря по желанію, кладутъ въ этотъ ящикъ тающій ледъ, или пропускаютъ чрезъ него водяные пары или струю кипящей воды, температура которой поддерживается постоянною при помощи мѣшалокъ. Резервуаръ посредствомъ тоненькой трубки *t* соединенъ съ манометромъ с. Для приготовления термометровъ газы всего болѣе пригодны: съ одной стороны, благодаря ихъ значительной расширяемости (въ 140 разъ превосходящей расширяемость стекла) можно пренебрегать той неточностью, которая зависитъ отъ измѣненія емкости оболочки, а съ другой—нарастаніе объема газа при нагреваніи идетъ почти совершенно равномерно. Но такъ какъ объемъ газа зависитъ не только отъ его температуры, но и отъ его упругости, то при газовомъ термометрѣ необходимо долженъ быть и манометръ, а для того, чтобы получить достаточно чувствительный снарядъ, приходится выполнить цѣлый рядъ весьма деликатныхъ операцій. Въ виду этого подобный инструментъ можетъ быть употребляемъ только въ качествѣ образцоваго, но никоимъ образомъ для текущихъ наблюденій. Для послѣднихъ же типическимъ приборомъ,

къ которому должны приводиться всѣ другіе, принять *ртутный термометръ* (фиг. 463), отношеніе котораго къ температурѣ разъ навсегда извѣстно и сравнено съ такимъ же отношеніемъ нормальнаго термометра. Ртуть выбрана потому, что, во-первыхъ, ее легко получить химически чистую, благодаря чему для всѣхъ термометровъ можно брать одно и то же вещество; во-вторыхъ, она расширяется весьма правильно и относится къ температурѣ подобно водородному термометру; въ-третьихъ, наконецъ, она быстро принимаетъ температуру той среды, въ которую ее помѣщаютъ въ данный моментъ.

Ртутный термометръ Цельсія состоитъ изъ стекляннаго цилиндрическо-коническаго резервуара, продолжающагося въ трубку съ весьма малымъ просвѣтомъ, которая раздѣлена на части равной емкости по стоградусной скалѣ, нулевое дѣленіе которой соответствуетъ уровню ртути въ трубкѣ при температурѣ таянія льда, а сотое—температурѣ паровъ кипящей воды при давленіи ртутнаго столба въ 76 сантиметровъ.

Термометръ долженъ быть *чувствительнымъ*. Различаютъ два рода чувстви-

тельности; первый состоитъ въ быстротѣ принятія термометромъ окружающей температуры: такой чувствительностью обладаетъ термометръ, резервуаръ котораго имѣетъ значительную внѣшнюю поверхность при весьма маломъ количествѣ ртути; второй родъ чувствительности опредѣляется величиной перемѣщенія ртути въ трубкѣ; эта величина зависитъ отъ емкости резервуара; чѣмъ больше эта емкость, тѣмъ, при прочихъ равныхъ условіяхъ, больше величина столба ртути, соответствующаго одному градусу; но такъ какъ при большой массѣ ртути въ резервуарѣ термометръ не обладалъ бы чувствительностью перваго рода, то внутренній діаметръ капиллярной трубки дѣлаютъ возможно меньшимъ; этимъ выполняются условія, необходимыя для сообщенія термометру и той, и другой чувствительности.

Само собою разумѣется, что степень чувствительности, придаваемая тому или иному термометру, опредѣляется характеромъ тѣхъ наблюденій, для которыхъ инструментъ предназначается; такъ, напр., термометры, употребляющіеся при термодимическихъ наблюденіяхъ, позволяютъ опредѣлять разницу въ одну двухсотую часть градуса; это достигается тѣмъ, что у подобныхъ термометровъ трубка представляетъ одно или нѣсколько расширеній, благодаря которымъ вся узкая часть трубки занята всего лишь нѣсколькими дѣлениями; при этомъ протяженіе цѣлаго градуса должно быть очень большимъ, что и даетъ возможность подраздѣлить каждый градусъ на весьма большое число частей.

Дѣленія должны быть выравнены на термометрической трубкѣ кислотою; алмазъ сдѣлалъ бы трубку на столько хрупкою, что она не выдержала бы и первой быстрой перемѣны температуры.

Теперь намъ необходимо узнать, сравнимы ли между собою показанія одного и того же ртутнаго термометра, имѣются ли они съ теченіемъ времени и даютъ ли различные ртутные термометры согласныя показанія. На эти вопросы отвѣтитъ намъ опытъ.

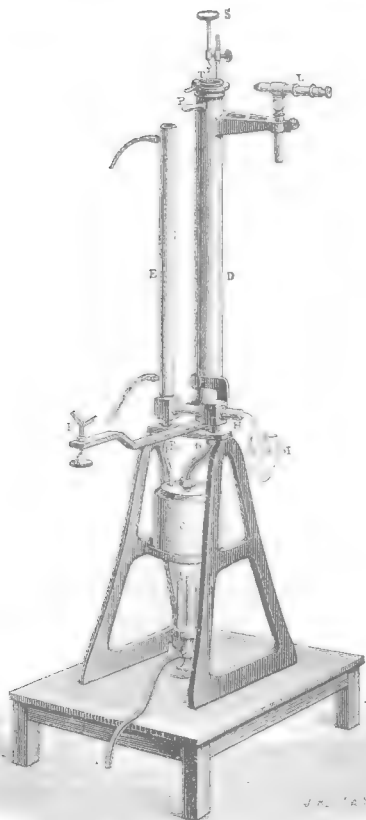
Въ прежнее время казалось, что несогласныя показанія даютъ не только такіе ртутные термометры, оболочки которыхъ сдѣланы изъ различнаго стекла, но и термометры съ совершенно одинаково отлитыми оболочками; болѣе того, нулевая точка скалы перемѣщалась и притомъ настолько капризно, что законъ ея перемѣщенія не могъ быть найденъ теоретическимъ путемъ. При этомъ, когда опредѣляли нуль скалы и затѣмъ, нагрѣвая термометръ, снова погружали его въ тающій ледъ, то точка таянія льда оказывалась подыавшейся, т. е. термометръ показывалъ болѣе, чѣмъ въ первый разъ. Это называли *перемѣщеніемъ нуля*. Указанное перемѣщеніе бывало различное—въ различное время и при различныхъ температурахъ, такъ что ртутный термометръ ни въ какомъ случаѣ не могъ считаться точнымъ инструментомъ. Новопослѣдствіи Гальомъ показалъ, что если показанія ртутнаго термометра опредѣлять съ известными предосторожностями, то такой термометръ будетъ вполне сравнимъ съ водороднымъ.

Необходимо было найти точную величину градуса. Для этого онъ отмѣтилъ уровень ртути въ паразъ чистой кипящей воды при давленіи 76 сантим. и тогда же послѣ этого опредѣлилъ положеніе нуля черезъ погруженіе инструмента въ тающій ледъ. Сотая часть величины сокращенія ртутнаго столба и показала точную величину градуса. Другими словами, еслибы, вновь опредѣляя въ какой-нибудь моментъ обѣ постоянныя точки, мы и нашли, что онѣ перемѣстились, то величина градуса, рассматриваемая какъ сотая часть величины сокращенія ртутнаго столба, оказалось бы совершенно такою же, какою она была найдена первоначально. Такимъ образомъ, можно сказать, что между обѣими, почти одновременно опредѣленными постоянными точками термометрической трубки, раздѣленной на части равной емкости, всегда содержится одинаковое число дѣленій, хотя бы постоянныя точки и перемѣстились.

Для того, чтобы точно опредѣлять температуру какой-нибудь среды въ градусахъ, замѣчаютъ сперва дѣленіе, на какомъ стала ртуть въ данной средѣ, затѣмъ термометръ погружаютъ въ тающій ледъ и замѣчаютъ дѣленіе, соответ-

ствующее этому моменту. Отсюда уже легко опредѣлить число градусовъ, показывающее температуру среды. При подобныхъ опредѣленіяхъ температуры, ртутные термометры будутъ *сравними между собою* и всякій инструментъ будетъ также *сравнимъ съ самимъ собою*, т.-е. будетъ *точнымъ*. Перемѣщеніе постоянныхъ точекъ объясняется измѣненіями, происходящими въ строеніи стекла и зависящими отъ времени и температуры.

Посмотримъ теперь, какъ приготовляются точные термометры. Изъ мно-



Фиг. 464.—Опредѣленіе точки 100 термометра (температура паровъ кипящей воды).

отвуются желаемой длиною градусовъ.

Слегка нагрѣвши баллонъ, погружаютъ заостренную трубочку въ сосудъ съ чистою ртутью. Въслѣдствіе того, что воздухъ, содержащійся въ баллонѣ, по охлажденіи сожмется, атмосферное давленіе вгонитъ въ баллонъ нѣкоторое количество ртути, затѣмъ термометрическую трубку кладутъ на наклонной рѣшеткѣ

одной и той же отливки строитель выбираетъ такую, у которой просвѣтъ представляется наиболѣе правильнымъ. Чтобы убѣдиться въ томъ, что трубка по всей своей длинѣ имѣетъ одинаковое сѣченіе, внутри ея проводятъ маленькій ртутный столбикъ и смотрятъ, сохраняется ли онъ одну и ту же длину во все время движенія отъ одного конца трубки до другого. Трубка считается пригодной, если длина столбика измѣняется при этомъ не болѣе, какъ на  $\frac{1}{100}$ . Выбранную такимъ образомъ трубку градуируютъ, т.-е. дѣлятъ по всей длинѣ на равныя части; первое дѣленіе со стороны резервуара обозначаютъ нулемъ и затѣмъ противъ соответствія ихъ дѣленій выставляютъ числа 10, 20 и т. д. Тогда получаютъ произвольную шкалу. Дѣленія вытравляются на трубкѣ плавиковою кислотой; они должны быть отчетливы, тонки и правильно расположены. На одномъ концѣ трубки выдуваютъ резервуаръ (фиг. 463), а въ другому припаиваютъ небольшою открытій баллонъ, вытянутый у отверстія въ тонкую заостренную трубочку. При выборѣ емкости резервуара руковод-

и равномерно нагревают резервуар и баллон; когда, по охлаждении, ртуть войдет в резервуар, последний снова нагревают, на этот раз до кипения ртути; отделяющиеся при этом ртутные пары выгоняют воздух из трубки, так что по охлаждению последней, ртуть из сосуда, устремляясь, наполняет её вместе с резервуаром. В прибор оставляют, однако, не всю вошедшую в него ртуть, а лишь количество, соответствующее наивысшей температуре, до какой предполагается вести наблюдения с данным термометром. Затем баллон отламывают, и трубку запаивают, оставив в ней следы воздуха, позволяющие выдуть на верхнем её конце шарик—так называемую запасную термометрическую камеру, предохраняющую инструмент от разрыва в случае нагревания его до температуры высшей, чем температура, для него предельная. В таком виде термометр отсылается в международное бюро веса и меры, где его сравнивают с нормальным термометром и находят истинные значения для каждого из его делений. Сперва определяют деление, соответствующее 100°. Для этого термометр погружают в паровую ванну (фиг. 464). Водяные пары из котла с поднимаются вверх по цилиндру D, в котором помещается термометр T, и ватиком проходят через змеевик, в котором огущаются в воду, выливающуюся обратно в котел.

Однаковая высота ртути в обоих колёнах открытого манометра M показывает, что упругость паров равна при этом давлению атмосферы. В паровую ванну термометр погружается так, чтобы уровень ртути в ней стоял несколько выше верхнего края цилиндра. Этот уровень рассматривают в зрительную трубку, ось которой установлена перпендикулярно к термометрической трубке (такая установка узнается по тому, что при поворачивании термометра около его продольной оси наблюдатель видит постоянно одно и то же деление; для того, чтобы явления были видны при всяком положении термометра, они и должны, как было указано выше, просвечивать сквозь всю толщину трубки), и таким образом определяют деление, соответствующее температуре паров воды, кипящей при давлении 76 сантиметров ртутного столба. Как мы увидим впоследствии, опыт показывает, что при возрастании высоты барометра на 2,7 сантим. температура кипения возрастает на 1° (это относится, однако-же, только к незначительным барометрическим разностям); на основании этого легко определить точку кипения, соответствующую какому-либо иному давлению, незначительно разнящемуся от 76 сантим.

При помощи ручки P цилиндрическую ванну вместе с помещенным в ней термометром располагают горизонтально на видик T. Такое положение термометра при определении точки кипения необходимо для того, чтобы избежать ошибки, происходящей, в случае вертикальной установки термометра, от давления ртутного столба на стенки резервуара; вследствие такого давления полость резервуара расширяется, что при тонком стволѣ влечет за собою ошибку (именно понижение уровня ртути) на несколько делений. В этом легко убедиться, поставив ванну вертикально. Горизонтальное положение термометра необходимо не только в этом случае, но и вообще при всяком точном определении температуры. Определив точку кипения, тотчас же погружают термометр в сосуд V с мелко истолченным льдом, при чем инструмент, однако-же, не устанавливается горизонтально, так как, в противном случае, ошибка не может быть сколько-нибудь значительной, так как уровень ртути при температурѣ таяния льда почти совпадает с началом ствола. Когда уровень ртути устанавливается окончательно, термометр несколько выдвигают из льда и смотрят издали, какому делению соответствует установившийся уровень; при этом также поворачивают термометр около его продольной оси и стремятся, чтобы при всяком положении его в трубку было видно одно и то же деление (приведем, что ось трубки перпендикулярна к стволу термометра).

Таким образом определенный промежуток 0°—100° является независи-



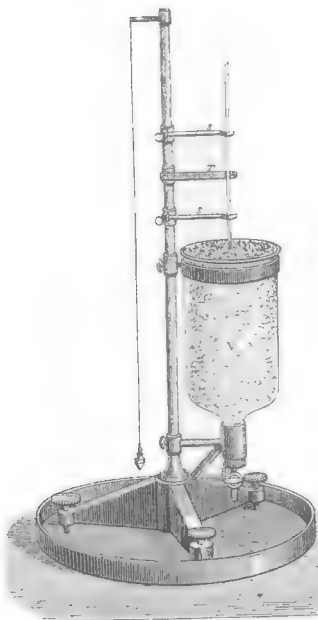
мымъ отъ природы стекла, взятаго для приготовления термометра, и отъ временно наблюдающихся въ немъ измѣненій. Если же извѣстенъ этотъ промежутокъ, то легко опредѣлить и емкость каждаго дѣленія, принявъ за единицу сотую часть промежутка  $0^{\circ}$ — $100^{\circ}$ . Указаннымъ путемъ составляется термометрическая таблица, относящая всякое показаніе инструмента къ нормальному термометру.

Для того, чтобы опредѣлить температуру той или иной среды при помощи термометра, поступаютъ такъ, какъ было указано выше, побавотившася расположить термометръ горизонтально.

Но такъ какъ далеко не всегда требуются точныя термометрическія измѣ-

ренія, то во многихъ случаяхъ можно пользоваться инструментомъ, построеннымъ гораздо проще. Выборъ трубки и наполненіе термометра производятся такъ же, какъ и въ случаѣ точныхъ инструментовъ, но опредѣленіе постоянныхъ точекъ дѣлается безъ особыхъ предосторожностей, и раздѣленіе промежутка между ними на 100 равныхъ частей прямо даетъ шкалу въ градусахъ. Для опредѣленія температуры разсматриваемой среды замѣчаютъ уровень ртути, потомъ опредѣляютъ положеніе нуля и величину перемѣщенія послѣдняго вычитаютъ изъ замѣченной ранѣе температуры.

Для весьма низкихъ температуръ ртутный термометръ не пригоденъ, то тому что при  $40^{\circ}$  ниже нуля ртуть отвердѣваетъ, замерзаетъ. Въ такихъ случаяхъ пользуются спиртовымъ термометромъ, такъ какъ спиртъ не замерзаетъ даже при самой низкой изъ полученныхъ до сихъ поръ температуръ. Ноль на спиртовомъ термометрѣ опредѣляется такъ же, какъ на ртутномъ; опредѣленіе же температуры кипѣнія воды не можетъ быть сдѣлано непосредственно, такъ какъ инструментъ не способенъ



Фиг. 465.—Опредѣленіе нулевой точки шкалы термометра (температуры таянія льда).

выдержать температуры, высшей  $80^{\circ}$ . Поэтому на такомъ термометрѣ дѣлаютъ первоначально мѣтку, соответствующую какой-нибудь иной, невысокой, температурѣ, погружая его въ сосудъ съ жидкостью, температура которой показывается образцовый ртутный термометръ, и промежутокъ отъ нуля до этой мѣтки раздѣляютъ на столько равныхъ частей, сколько градусовъ показываетъ ртутный термометръ.

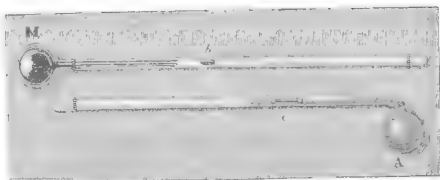
Такъ какъ спиртъ расширяется не такъ, какъ ртуть, то и спиртовой термометръ даетъ показанія, не вполнѣ согласныя съ показаніями ртутнаго; кромѣ того, различные спиртовые термометры обыкновенно даютъ различныя показанія, въ зависимости отъ способа фабрикаціи спирта, изъ котораго они сдѣланы.

При температурахъ, низшихъ— $40^{\circ}$ , показанія спиртового термометра являются, понятно, уже несравнимыми съ ртутнымъ термометромъ, при такихъ температурахъ уже не годнымъ.

Спиртъ можно замѣнить сѣрнистымъ углеродомъ, дающимъ, однако, довольно грубые инструменты.

Для метеорологическихъ наблюдений необходимо имѣть такіе термометры, которые могли бы отмѣчать самую высокую и самую низшую температуру за опредѣленный промежутокъ времени въ данномъ мѣстѣ. Согласно указаніямъ Рутерфорда, такіе термометры устриваются слѣдующимъ образомъ.

Максимальный термометръ М есть положенный горизонтально ртутный термометръ (фиг. 466), въ трубкѣ котораго помѣщена желѣзная иглолка *b*, служащая указателемъ. Когда температура повышается, то ртуть, расширяясь, продвигаетъ указатель впередъ; при понижении же температуры, ртутный столбикъ, смачивающій желѣзную иглу, падаетъ, не увлекая за собой этой послѣдней. Такимъ образомъ, указатель и остается тамъ, куда онъ подвинулся при максимальной температурѣ.



Фиг. 466.—Максимальный (М) и минимальный (А) термометры Рутерфорда.

Минимальный термометръ А (фиг. 466) есть горизонтально расположенный спиртовой термометръ, снабженный эмалевымъ указателемъ *c*. При повышении температуры спиртъ поднимается въ трубкѣ, не смѣщая указателя; при понижении температуры сжимающаяся спиртовая колонна, силою прилипания, увлекаетъ за собой и указатель, который останавливается въ точкѣ, соответствующей минимальной температурѣ.

Описанные термометры не могутъ быть употребляемы только тогда, когда нельзя предохранить ихъ отъ толчковъ, такъ какъ уже самого незначительнаго толчка достаточно для того, чтобы указатели сдвинулись. Въ такихъ случаяхъ употребляютъ термометры съ истеченіемъ — Вальфердена. Максимальный термометръ *б* (фиг. 463) въ верхней своей части представляетъ резервуаръ или придатокъ, содержащій нѣкоторое количество ртути; въ этомъ придаткѣ находится оттянутый конецъ термометрической трубки. Нижний резервуаръ нагреваютъ до тѣхъ поръ, пока не наполнится ртутью вся трубка, до верхняго резервуара, и затѣмъ, перевернувши снарядъ, такъ чтобы ртуть верхняго резервуара пришла въ соприкосновеніе съ оттянутымъ концомъ трубки, дающъ нижнему резервуару охладиться при температурѣ, низшей, нежели искомая максимальная; тогда ртуть верхняго резервуара перейдетъ въ трубку. Послѣ этого термометру придаютъ нормальное, прямое положеніе и переносятъ его въ то мѣсто, наибольшую температуру котораго желаютъ опредѣлить. Для того, чтобы узнать, какова была максимальная температура въ разсматриваемомъ мѣстѣ, термометръ этотъ погружаютъ потомъ въ ванну, температуру которой постепенно возвышаютъ до тѣхъ поръ, пока трубка опять не наполнится ртутью, такъ, какъ она наполнилась при максимальной температурѣ; тогда обыкновенный термометръ, погруженный въ ту же ванну, покажетъ искомую температуру.

Въ минимальномъ термометрѣ *в* (фиг. 467) остроконечіе волосной трубки помѣщается въ мѣстѣ перехода ствола въ нижній резервуаръ. Это термометръ спиртовой, но на днѣ нижняго резервуара находится небольшое количество ртути. Перевернувъ термометръ, его нагреваютъ до температуры, высшей, нежели искомая минимальная, вследствие чего въ



Фиг. 467. Максимальный и минимальный термометры Вальфердена.

трубку проникаетъ нѣкоторое количество ртути. Затѣмъ термометръ возвращаютъ въ нормальное положеніе и вводятъ въ ту среду, минимальную температуру которой желаютъ измѣрить. Такъ какъ эта температура ниже той, при какой находился термометръ, когда въ трубку его вошла ртуть, то вошедшій ртутный столбикъ сожмется и приметъ величину коротенькой иголки, помѣщающейся въ оттянутомъ концѣ волосной трубки. Для того, чтобы впоследствии опредѣлять, какова была искомая минимальная температура, термометръ погружаютъ въ ванну, которая охлаждается до тѣхъ поръ, пока столбикъ ртути не сожмется до той величины, какую онъ имѣлъ при минимальной температурѣ; тогда обыкновенный термометръ, погруженный въ ту же ванну, покажетъ искомую температуру.

Только-что описанные термометры употребляются преимущественно при опредѣленіи температуры почвы на различной глубинѣ.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ желательно имѣть графическое изображеніе температурныхъ колебаній за опредѣленный промежутокъ времени. Тогда употребляютъ *металлическіе термометры*, болѣе или менѣе сложнаго устройства. Мы опишемъ здѣсь наипростѣйшій металлическій термометръ Брегета. Этотъ приборъ (фиг. 468) состоитъ изъ свернутой въ спираль ленты, къ нижнему концу которой припаяна горизонтальная стрѣлка, двигающаяся по циферблату. Лента состоитъ изъ трехъ полосокъ—серебряной, золотой и платиновой. Серебро, отличающееся наибольшей расширяемостью, занимаетъ внутреннюю сторону, платина—наружную, а золото находится въ серединѣ. Когда температура повышается, спираль раскручивается; при пониженіи температуры, спираль, наоборотъ, закручивается; ясно, что направленіе движенія стрѣлки при закручиваніи противоположно направленію его при раскручиваніи. Этотъ приборъ отличается весьма большою чувствительностью.



Фиг. 468.  
Металлическій термометръ Брегета.

Но для пригодности термометра одной чувствительности недостаточно; прежде всего необходимо, чтобы при одинаковыхъ условіяхъ онъ всегда давалъ совершенно одинаковыя показанія. Металлическіе же термометры являются неравными между собою, вслѣдствіе того, что металлы, изъ которыхъ сдѣланы различные приборы, обыкновенно имѣютъ неодинаковое молекулярное строеніе.

Для измѣренія очень высокихъ температуръ, напр., температуры печей на фарфоровыхъ заводахъ, уже нельзя пользоваться спиртовыми и ртутными термометрами; для этой цѣли употребляютъ такъ-называемые пирометры.

Пирометръ Веджвуда (фиг. 469) основанъ на сжатіи глины при нагреваніи; сжатіе это происходитъ вслѣдствіе химическихъ измѣненій, происходящихъ въ составныхъ частяхъ глины.

На металлической дощечкѣ расположены двѣ металлическихъ линейки, обрамляющія между собой небольшой уголъ. Глиняный цилиндрикъ, помещенный между линейками, можетъ пройти по направленію въ вершинѣ угла тѣмъ дальше, чѣмъ болѣе онъ сжался, т.-е. чѣмъ болѣе жаръ на него действуетъ. Этимъ-то и пользуются для опредѣленія температуры какой-нибудь печи. Вынувъ подобный цилиндрикъ изъ испытуемой печи и давъ ему охладиться, его кладутъ между линейками и продвигаютъ по вышеуказанному направленію. По тому дѣленію имѣющейся на линейкахъ произвольной скалы, на которомъ цилиндромъ останавливается, опредѣляютъ, приняла-ли печь желаемую температуру. Помѣщая на одной и той же дощечкѣ три линейки, можно удлинить скалу вдвое; такимъ образомъ снарядъ можетъ имѣть болѣе разныя размѣры.

Для точнаго опредѣленія высокихъ температуръ употребляютъ газовые термометры.

При изученіи температуры мы прежде всего встрѣтились съ расширеніемъ тѣлъ отъ нагреванія. Сейчасъ мы рассмотримъ болѣе обстоятельно особенности,

представляемыя расширеніемъ тѣлъ каждой изъ трехъ категорій,—тѣлъ твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ. Путемъ многочисленныхъ точныхъ наблюдений полученъ рядъ чиселъ, показывающихъ *расширяемость* различныхъ тѣлъ; числа эти называются *коэффициентами расширенія*.

*Коэффициентомъ линейнаго расширенія* какого-либо тѣла называютъ число, выражающее увеличеніе единицы длины тѣла при нагреваніи его на одинъ градусъ. Напр., говоря, что коэффициентъ линейнаго расширенія красной мѣди равенъ 0,00001718, мы указываемъ на то, что мѣдный стержень, положимъ, въ 1 метръ длиною при повышеніи температуры на 1 градусъ удлинняется на 0,00001718 метра. При этомъ допускаютъ, что при нагреваніи, примѣрно, на 5, 10 градусовъ и удлиненіе стержня будетъ въ 5, въ 10 разъ больше. *Коэффициентомъ поверхностнаго* (или плоскостнаго) *расширенія* называютъ число, выражающее увеличеніе единицы поверхности тѣла при повышеніи температуры на одинъ градусъ. Наконецъ, *коэффициентъ кубическаго расширенія* есть число, показывающее увеличеніе единицы объема тѣла при нагреваніи его на одинъ градусъ. Зная коэффициентъ линейнаго расширенія, легко опредѣлить и остальные два коэффициента, такъ какъ известно, что коэффициентъ поверхностнаго расширенія равенъ двойному, а коэффициентъ кубическаго расширенія—тройному коэффициенту линейнаго расширенія.

Мѣрами длины служатъ обыкновенно металлическія линейки, градуированныя при 0°, т.-е. такія, дѣленія на которыхъ даютъ точную величину принятой единицы или части ея лишь при температурѣ 0°. Для того, чтобы можно было результатъ измѣренія, произведеннаго при какой-либо иной температурѣ, привести къ температурѣ 0°, очевидно, необходимо знать величину линейнаго расширенія того вещества, изъ котораго сдѣлана употребленная при измѣреніи линейка. Опредѣленіе этой величины представляется по этому особенно важнымъ.

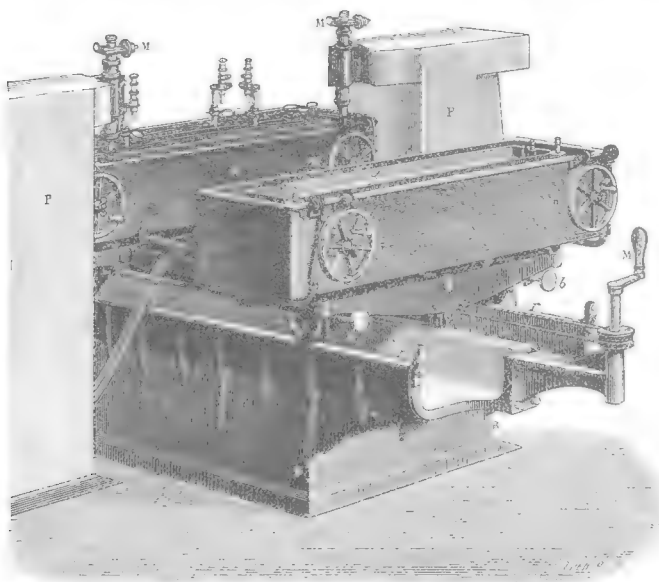
Первыя измѣренія тѣлъ были весьма несовершенны. Такъ, Гойтонъ де Морво измѣрялъ на ребрѣ, приделанномъ къ конусу, какая часть конуса проходила сквозь отверстіе въ холодной пластинкѣ при нагреваніи конуса до той или иной температурѣ. Первыя точныя опредѣленія принадлежатъ Лавуазье и Лапласу \*). Въ 1788 г. англійскій оптикъ Рамденъ устроилъ, по указанію генерала Руа, аппаратъ для опредѣленія величины расширенія линеекъ, который имѣлось въ виду употребить для измѣренія дуги меридіана. Здѣсь мы опишемъ только такъ-называемый *сравнитель* (компараторъ),—снарядъ, основанный на томъ же принципѣ, какъ и аппаратъ Руа и Рамдена, и позволяющій сравнить длину любой линейки съ длиною образцовой линейки. Названными приборомъ пользуются въ международномъ бюро вѣсовъ и мѣръ для опредѣленія расширенія платиновыхъ или мѣдныхъ линеекъ, употребляемыхъ въ качествѣ образцовыхъ мѣръ длины. Онъ состоитъ изъ ящика съ водою А (фиг. 470), въ которомъ желаемая постоянная температура поддерживается водою, протекающею чрезъ ящикъ а, заключенный въ ящикъ А. Испытуемую линейку кладутъ въ ящикъ горизонтально; температура ея указывается четырьмя ртутными термометрами, расположенными вдоль линейки и рассматриваемыми въ микроскопы, позволяющія видѣть двусторонніе доли, градуса. Рядомъ съ этой линейкой, въ другомъ такомъ же ящикѣ А', располагается образцовая платиновая линейка. У каждой линейки имѣются на концахъ двѣ тоненькія черточки; разстояніе между этими черточками образцовой линейки при 0° равно одному метру. Черточки разматриваются чрезъ стеклышки, вставленные въ отверстія (окошки), продѣланные



Фиг. 469. — Пирометръ Веззюла: измѣреніе высшей температуры.

\*) Пьеръ-Леонъ Лапласъ, знаменитый геометръ, род. въ 1749 г., ум. въ 1827 г.; былъ сыномъ бѣднаго крестьянина. Наполеонъ I возвелъ его въ графы имперіи, а Людовикъ XVIII въ герцога Франціи.

въ металлическихъ крышкахъ ящиковъ. Ящики устанавливаются на телѣжкѣ, двигающейся по рельсамъ *r* и снабженной рукояткой *M*, посредствомъ которой можно подвести черточки каждой линейки подъ два *неподвижные* микроскопа *M*, *M*, прикрѣпленные къ каменнымъ устоямъ *P*, *P*, стоящимъ на бетонномъ основаніи. Каждый микроскопъ снабженъ окулярнымъ микрометромъ, состоящимъ изъ двухъ параллельныхъ нитей, между которыми какъ разъ помѣщается увеличенная микроскопомъ черточка на концѣ линейки. Величина перемѣщенія нитей опредѣляется при помощи микрометрическаго винта, высота хода кото-



Фиг. 470.—Компараторъ въ международномъ бюро вѣсовъ и мѣръ: измѣреніе расширенія.

рога известна въ доляхъ миллиметра, а именно по числу оборотовъ и частей оборота, сдѣланныхъ винтомъ при надлежащей установкѣ.

Доведа образцовую линейку, расположенную подъ микроскопами, до температуры *T*, замѣчаютъ длину ея при этой температурѣ; затѣмъ подъ микроскопы подводятъ испытываемую линейку *и*, нагревъ ее до той же температуры *T*, замѣчаютъ, насколько длинна ея разнится отъ длины первой линейки. Изъ подобнаго сравненія линеекъ, произведеннаго при цѣломъ рядѣ различныхъ температуръ, опредѣляется разниця въ расширеніи той и другой линейки *и*, такъ какъ величина расширенія образцовой линейки известна напередъ, то такимъ образомъ узнается величина расширенія испытываемой линейки.

Жидкости не имѣютъ определенной формы, а потому расширеніе ихъ можетъ быть изучаемо только въ отношеніи объема, т.-е. мы можемъ опредѣлить лишь ихъ кубическое расширеніе, но такъ какъ при нагреваніи жидкости до той или иной температуры неизбежно нагревается и сосудъ, въ которомъ она содержится, то приходится опредѣлять отдѣльно *абсолютное* (*истинное*) и *видимое* (*кажущееся*) расширеніе жидкостей.

Исследования показали, что жидкости расширяются далеко не так правильно, как твердые тела,—что изъ всех жидкостей одна только ртуть расширяется правильно. Истинное расширение ртути может быть определено непосредственно по способу, предложенному Дюлонгом и Пти въ 1817 г. Ртуть наливалась въ двѣ стеклянныя трубки (фиг. 471), сообщающіяся между собою посредствомъ весьма узкой трубки *tt'*. Одна трубка помещается въ цилиндръ съ толченымъ льдомъ, а другая — въ масляную ванну, которая поддерживается при нѣкоторой постоянной температурѣ. Такъ какъ узкость соединительной трубки служитъ препятствіемъ только для смѣшенія, но не для сообщенія между собою двухъ жидкостей, имѣющихъ одинаковую температуру, то высота этихъ жидкостей надъ уровнемъ *tt'* должна быть обратно пропорціональна ихъ удѣльнымъ вѣсамъ. Положеніе уровней ртути въ обѣихъ трубкахъ и и и *n'* определяется при помощи такъ-называемаго *катетометра*,—прибора, состоящаго изъ зрительной трубы, передвигающейся по перпендикулярной къ ней линейкѣ съ дѣлениями. Еслибы температура обѣихъ сообщающихся сосудовъ была 0°, то ртуть стояла бы въ нихъ на одной и той же высотѣ. Если одинъ изъ нихъ нагрѣть, то высота ртути въ немъ увеличится на *t'n'—tn*, т.-е. на наблюдаемую при этомъ разность уровней. Положимъ, что первоначальная высота ртути была *h* и температура повысилась на *t°*; спрашивается, чему равенъ коэффициентъ истиннаго расширенія ртути, т.-е. приращеніе столба ртути высотой въ единицу длины при повышеніи температуры на одинъ градусъ. Для того, чтобы найти этотъ коэффициентъ, нужно разность уровней раздѣлить на произведеніе температурной разницы на высоту ртути въ холодномъ сосудѣ. Между 0° и 100° коэффициентъ этотъ равенъ  $\frac{1}{8550}$ .



Фиг. 471.—Приманіе способа Дюлонга и Пти: абсолютное расширеніе ртути.

Проще всего коэффициентъ истиннаго расширенія жидкостей опредѣляется по способу сравненія термометровъ, предложенному Исидоромъ Пьеромъ въ 1814 г. и употреблявшемуся Делюкомъ, Гей-Люссакомъ, Био и другими. Способъ этотъ состоитъ въ сравненіи показаній термометра, приготовленнаго изъ испытуемой жидкости, съ показаніями хорошаго ртутнаго термометра. Берутся термометры *вытѣренныя*, т.-е. такіе, емкость резервуара и дѣленія которыхъ извѣстна для нѣкоторой опредѣленной температуры.

Кажущееся расширеніе ртути наблюдается на всякомъ ртутномъ термометрѣ. Коэффициентъ видимаго расширенія ртути равенъ  $\frac{1}{6480}$ ; такъ какъ емкость оболочки равна объему содержаемаго, то коэффициентъ истиннаго расширенія ртути долженъ быть равенъ ея видимому расширенію, сложенному съ расширеніемъ оболочки. Такимъ образомъ, зная, изъ опытовъ Дюлонга и Пти, абсолютное расширеніе ртути легко опредѣлить расширеніе стеклянной оболочки термометра—путемъ непосредственнаго наблюденія послѣдняго. Наоборотъ, имѣя термометръ изъ жидкости, абсолютное расширеніе которой неизвѣстно, можно, если извѣстно расширеніе его стеклянной оболочки и видимое расширеніе этой жидкости,—узнать, чему равенъ коэффициентъ истиннаго расширенія послѣдней: для этого стоитъ только къ видимому расширенію жидкости прибавить расширеніе оболочки.

Изъ многочисленныхъ исследованийъ надъ расширеніемъ различныхъ жидкостей оказалось, что не существуетъ пропорціональности между возвышеніемъ температуры и величиной расширенія. Возрастаніе расширенія быстрѣе температуры замѣчается даже для ртути,—жидкости, расширяющейся наиболѣе правильно. Согласно исследованиямъ Реньо, отъ 0° до 100° показанія ртутнаго термометра (если не принимать въ расчетъ его оболочки) еще мало разнятся

отъ показаній находящагося въ тѣхъ же условіяхъ воздушнаго термометра; но въ то время, какъ воздушный термометръ показываетъ 200°, ртутный показываетъ уже 202,78°; 250° воздушнаго соотвѣтствуютъ 255° ртутнаго, 300°—303,34°, 350°—362,16°. Распиреніе же другихъ жидкостей еще болѣе удаляется отъ простой пропорціональности. Если разобьемъ жидкости на нѣсколько группъ изъ которыхъ каждая содержитъ то или иное число тѣлъ, сходныхъ по способу образованія и химическимъ реакціямъ, то увидимъ, что въ каждой группѣ распиреніе тѣмъ больше, чѣмъ ниже температура кипѣнія. Распиряемость жидкостей, вообще увеличивающаяся при повышеніи температуры, возрастаетъ еще замѣтнѣе тогда, когда жидкости далеки отъ точки кипѣнія. Тизарье—первый ученый, получившій жидкую углекислоту въ сколько-нибудь значительномъ количествѣ,—нашелъ, что распиряемость этого тѣла въ жидкомъ состояніи больше его распиряемости въ состояніи газообразномъ и съ возвышеніемъ температуры весьма быстро возрастаетъ: отъ 0° до 10° средній коэффициентъ распиренія жидкой углекислоты равенъ 0,00683, а отъ 10° до 30° онъ равенъ уже 0,02067. Гиръъ нашелъ, что при 160° коэффициентъ распиренія спирта, кипящаго при 78,3°, 3°, въ пять разъ больше коэффициента распиренія воздуха и что при 180° вода имѣетъ коэффициентъ распиренія вдвое меньшій коэффициента распиренія воздуха. Тѣла эти при указанныхъ температурахъ оставались жидкими подъ постояннымъ давленіемъ, уравновѣшивавшимся столбомъ ртути въ 1125 сантим. Коэффициентъ распиренія жидкости увеличивается съ повышеніемъ температуры, и съ того момента, когда давленіе въ жидкости становится ниже атмосфернаго, этотъ коэффициентъ быстро возрастаетъ и даже можетъ превзойти коэффициентъ распиренія газовъ.

Вода распиряется совершенно иначе, чѣмъ другія жидкости. Мы уже видѣли, что при извѣстной температурѣ вода отъ дѣйствія холода не сжимается, а распиряется. Законъ распиренія воды найденъ Дебре въ 1839 г. Въ ванну, температуру, которой можно было измѣнять въ предѣлахъ отъ 9° до 15°, онъ погружилъ два водяныхъ и два хорошихъ ртутныхъ термометра и изучалъ такимъ путемъ абсолютное распиреніе воды. Оказалось, что при 4° вода имѣетъ *наибольшую плотность*, т. е. данный вѣсъ воды занимаетъ возможно меньшій объемъ. Вода въ термометрахъ Дебре была совершенно чистая и освобожденная отъ воздуха путемъ кипяченія. Такая вода обнаружила замѣчательное свойство—не замерзаетъ даже при пониженіи температуры до 20°; съ 4° до момента отвердѣванія объемъ воды все болѣе и болѣе увеличивался.

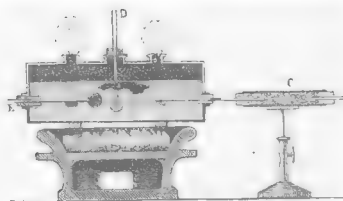
Если въ водѣ растворено болѣе или менѣе значительное количество соли, то температура наибольшей плотности, а также температура замерзанія понижаются, но первая больше второй, т. е. температура наибольшей плотности оказывается ниже температуры замерзанія; этимъ опредѣленіе температуры, соотвѣтствующей наибольшей плотности воды при данномъ содержаніи солей, затрудняется. Такъ, напр., морская вода замерзаетъ прежде, чѣмъ достигаетъ наибольшей плотности.

Въ противоположность наибольшей плотности рѣчной воды, наибольшая плотность морской воды не играетъ никакой роли въ природѣ, не представляетъ никакой практической важности, а является лишь доказательствомъ извѣстнаго физическаго закона, очевидно независимаго отъ потребностей существъ, населяющихъ вѣмлю.

Когда различныя части жидкости имѣютъ неодинаковую температуру, то благодаря тому, что такая жидкость въ различныхъ своихъ частяхъ имѣетъ различную плотность, въ ней происходятъ *теченія*, стремящіяся распределить теплоту равномерно во всей массѣ жидкости. Явленіе это извѣстно подъ названіемъ *конвекцій*, или *механическаго переноса теплоты*. Мы уже наблюдали его при изученіи кипѣнія жидкости въ сосудѣ, на брошенныхъ въ жидкость древесныхъ опилкахъ, наглядно изображающихъ восходящій токъ въ центрѣ сосуда и токи нисходящія вдоль стѣнокъ послѣдняго.

Простейший случай приложения конвекции мы имеем в водяном отоплении, т. е. в нагревании, напр., жилых помещений, путем циркуляции тепловой воды. Конвекция теплоты играет громадную роль в природе, обуславливая морские течения: эти последние производятся ветрами, представляющими собой результат механического переноса теплоты в атмосферу. Море есть огромная масса жидкости, различные части которой имеют различную температуру; этимъ объясняются два противоположных морских течения, из которых одно—тепное—идетъ отъ экватора къ полюсамъ, а другое—холодное—направляется подъ первымъ отъ полюсовъ къ экватору. Самое важное изъ морскихъ течений есть всѣмъ извѣстный *Гольфстремъ*.

Обратимся теперь къ расширенію газовъ при нагреваніи. Расширеніе газовъ впервые измѣрялъ Гей-Люссакъ. Онъ сравнивалъ газовый термометръ съ ртутнымъ Е, помѣставъ оба термометра въ одну и ту же ванну, температуру которой онъ измѣнялъ произвольно (фиг. 472). Первый термометръ наполнялся высушеннымъ испытуемымъ газомъ при 0°; замыкался ртутнымъ указателемъ,



Фиг. 472.—Аппаратъ Гей-Люссака: опредѣленіе расширенія газовъ.

величина перемѣщенія котораго указывала на измѣненіе объема газа, находившагося подъ атмосфернымъ давленіемъ; термометрическая трубка предварительно на вымѣрялась. Путемъ подобныхъ изслѣдованій Гей-Люссакъ нашелъ, что *все газы имѣютъ одинъ и тотъ же коэффициентъ расширенія, равный 0,00375*. Приблизительно къ тому же заключенію пришелъ и Деви, опыты котораго отличались отъ опытовъ Гей-Люссака тѣмъ, что при нихъ упругость испытуемыхъ газовъ измѣнялась. Въслѣдствіе этого къ приведенному закону Гей-Люссака прибавилось выраженіе: *коэффициентъ расширенія газовъ независимъ отъ давленія*.

Но Рудбергъ, Пуллье, Дюлонгъ и Пти, изучавшіе тотъ же вопросъ, показали, что послѣдній является не столь простымъ, какимъ онъ представлялся двумъ вышеназваннымъ ученымъ; точно также и Ренью подтвердилъ, что законъ Гей-Люссака выражаетъ лишь извѣстное приближеніе. Ренью разсматривалъ расширеніе газовъ въ двухъ различныхъ случаяхъ: при постоянномъ давленіи и при постоянномъ объемѣ, поддерживаемомъ путемъ надлежащаго измѣненія давленія. Коэффициентъ расширенія между двумя данными температурами Ренью опредѣляли какъ частное отъ дѣленія измѣненія упругости газа—въслѣдствіе измѣненія производимаго на него давленія для сохраненія первоначальнаго объема—на произведеніе вятаго температурнаго промежутка на первоначальную упругость газа. Неодинаковость коэффициента расширенія у различныхъ газовъ доказывается помощью слѣдующаго опыта. Съ манометрами сообщаютъ два баллона равной емкости, наполненные одинъ кислородомъ, а другой сѣрнистымъ ангидридомъ, причемъ оба газа находятся подъ атмосфернымъ давленіемъ. Если оба баллона нагрѣть съ 0° до 100°, то для сохраненія газами ихъ первоначальнаго объема придется произвести неоднаковое давленіе на баллоны, откуда слѣдуетъ, что газы расширились неодинаково.

Изъ изслѣдованій Ренью вытекаетъ, что расширяемость газовъ тѣмъ больше, чѣмъ больше давленіе, и что у каждого газа существуютъ два коэффициен-



та расширения—одинъ для постояннаго объема, другой для постояннаго давления.

Чѣмъ при меньшемъ давленіи ведутся наблюденія, тѣмъ ближе между собой оказываются коэффициенты расширения различныхъ газовъ, такъ что къ газамъ находящимся въ достаточно расширенномъ состояніи, къ газамъ *совершеннымъ*, законъ Гей-Люссака былъ-бы вполне приложимъ. Воздухъ, водородъ и окись углерода приближаются къ совершеннымъ газамъ и потому при постоянномъ давленіи или постоянномъ объемѣ они имѣютъ почти одинаковые коэффициенты расширения, такъ что для нихъ можно принять одинъ общій коэффициентъ, равный 0,00366. При постоянномъ давленіи средній коэффициентъ расширения водорода отъ 0° до 100° колеблется лишь между числами 0,0086613 и 0,0086616 между давленіями 76 и 254 сантим. Указаннымъ постоянствомъ коэффициента расширения водорода и объясняется то, что изъ этого газа приготовленъ образцовый термометръ.

Перейдемъ къ явлениямъ *плавленія и отвердванія*. Опытъ показываетъ, что при плавленіи тѣла температура его не повышается, несмотря на то, что очагъ постоянно доставляетъ ему все новыя и новыя количества теплоты. Это на первый взглядъ странное явленіе находитъ себѣ рациональное объясненіе въ томъ, что теплота, непрерывно доставляемая расплавленному тѣлу, непрерывно же тратится на молекулярную работу удерживанія тѣла въ жидкомъ состояніи. Теплота, тратящаяся на указанную работу—такъ называемая *теплота плавленія*—имѣетъ различную величину для различныхъ тѣлъ. Кромѣ того каждое тѣло имѣетъ свою температуру плавленія, или, какъ принято выражаться, *точку плавленія*. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ наблюдаются, однако, отклоненія отъ закона постоянства точки плавленія для одного и того же тѣла.

Переходя въ жидкое состояніе, тѣла обыкновенно быстро измѣняются въ объемѣ, при чемъ большею частью тѣло въ жидкомъ состояніи занимаетъ болѣйшій объемъ, чѣмъ при той же температурѣ въ твердомъ состояніи; оттого-то куски, не успѣвшие расплавиться, обыкновенно располагаются на днѣ сосуда, въ которомъ производится плавленіе. Примѣръ такихъ тѣлъ представляютъ парафинъ. Но куски другихъ тѣлъ—воды, серебра, висмута, сурьмы, чугуна—наоборотъ, плаваютъ на жидкости, происшедшей отъ расплавленія названныхъ тѣлъ.

Возрастаніе давленія препятствуетъ увеличенію и, напротивъ, способствуетъ уменьшенію объема тѣлъ; отсюда слѣдуетъ, что возрастаніе давленія должно благоприятствовать таянію льда и, напротивъ, противодействовать плавленію парафина. Законъ этотъ, теоретически найденный Дж. Томсономъ въ 1860 г., Бунзенъ вполне подтвердилъ путемъ опыта. Экспериментировавъ надъ парафиномъ и спермацетомъ,—веществами, занимающими въ расплавленномъ состояніи болѣйшій объемъ, нежели въ твердомъ состояніи,—Бунзенъ напелъ, что увеличеніе давленія дѣйствительно влечетъ за собою возрастаніе температуры плавленія этихъ тѣлъ. Приборъ, употребленный Бунзеномъ при этихъ опытахъ, представлялъ собою двухколѣнную трубку съ двумя неравными вѣтвями. Въ нижней части находятся ртуть, поверхъ которой въ короткомъ колѣнѣ помѣщается парафинъ, длинное же колѣно играетъ роль манометра со сжатымъ воздухомъ. Приборъ помѣщаютъ въ ванну, температуру которой можно измѣнять; давленіе, подъ которымъ происходитъ плавленіе, указывается только-что упомянутымъ манометромъ, а соответствующую температуру ванны показываютъ погруженный въ послѣднюю термометръ. Какъ было сказано выше, Бунзенъ производилъ относящіеся сюда опыты надъ спермацетомъ и парафиномъ. Оказалось, что спермацетъ, подъ давленіемъ 206 атмосферъ плавится лишь при 50,9°, между тѣмъ подъ давленіемъ одной атмосферы онъ плавится при 47,7°, а парафинъ, подъ атмосфернымъ давленіемъ плавающий уже при 46,3°, подъ давленіемъ 100 атмосферъ плавится лишь при 49,9°. Такіе же опыты были произведены Гопкинсомъ надъ спермацетомъ, воскомъ, стеариномъ и сѣромъ. На-

званный исследователь нашелъ, что спермацетъ подъ давленіемъ въ 519 атмосферъ плавится только при 60°, а подъ давленіемъ въ 792 атмосферъ—при 80°. Подъ тѣми же давленіями—въ 519 атмосферъ и 792 атмосферъ—воскъ, стearинъ и сѣра, температуры плавленія которыхъ подъ обыкновеннымъ давленіемъ суть: 64°, 72° и 107°, плавятся: первая при 74,6° и 80°, вторая при 78,6° и 79°, а третья при 185° и 140,6°.

Въ приложеніи къ геологіи указанныя наблюденія представляются чрезвычайно важными. Опытъ показываетъ, что подъ землею на каждые 10 метровъ глубины приходится увеличеніе давленія на 8 атмосферъ, такъ что на глубинѣ 1 километра давленіе должно бы быть равно 80000 атмосферъ. Предполагая, что давленіе и дальше возрастаетъ пропорціонально глубинѣ, слѣдовало бы допустить, на глубинѣ 100 километровъ подъ землею воскъ можетъ плавиться только при 1000°, т.-е. при температурѣ краснаго каленія. Если представлять себѣ, что вся масса земнаго шара за исключеніемъ коры находится въ расплавленномъ состояніи, то необходимо полагать, что притяженіе этого жидкаго ядра массами солнца и луны стремится производить въ немъ періодическіе приливы и отливы, а вмѣстѣ съ тѣмъ колебать земную кору; для того, чтобы послѣдняя могла противостоять такому давленію, она должна обладать меньшей крѣпостью, чѣмъ сталь, въ чемъ, послѣ того, что сказано выше, нѣтъ ничего не вѣроятнаго.

Приведенными наблюденіями объясняются также нѣкоторые свойства льда. Ледъ при всякихъ условіяхъ есть тѣло *скользящее*; другими словами, твердымъ тѣломъ, двигающимся по нему, приходится преодолѣвать ничтожное треніе. Это зависитъ отъ того, что вслѣдствіе давленія на ледъ тѣла, на немъ помѣщающагося, слой льда, непосредственно соприкасающійся съ тѣломъ, таетъ, т.-е. превращается въ жидкій слой, играющій роль смазки. Свойствомъ воды уменьшать треніе, извѣстнымъ уже съ давнихъ поръ, воспользовался Жираръ, устроившій въ Жанперѣ пробную желѣзную дорогу, по которой побѣдъ двигался не на колесахъ, а на смоченныхъ водою полозьяхъ, скользящихъ по плоскимъ рельсамъ. Опыты насильственного введенія воды между трущимися частями машинъ показывали, что у воды способность скольженія приблизительно въ сто разъ больше, чѣмъ у самыхъ лучшихъ изъ всѣхъ другихъ тѣлъ, уменьшающихъ треніе.

Если два куска льда придавливать одинъ къ другому, то они слипнутся между собою. Явленіе это называется *смерзаніемъ*. Дѣти, играя снѣжнымъ шарикомъ, такъ долго сдавливаютъ его руками, пока онъ не превращается въ сплошную, твердую, прозрачную массу, похожую на ледъ. Точно также снѣгъ, скопляющійся на вершинахъ горъ, превращается путемъ давленія, въ *ластчеръ*, т. е. въ прозрачную, совершенно однородную ледяную массу. Тиндаль однимъ ударомъ шибала выбивалъ изъ льда совершенно прозрачную медаль. Всѣ эти явленія объясняются тѣмъ, что вслѣдствіе давленія, стремящагося обламывать куски льда, въ точкахъ соприкосновенія кусковъ происходитъ таяніе, но образовавшаяся такимъ образомъ вода замерзаетъ тотчасъ же, какъ только давленіе прекращается.

Смерзаніе льда легко наблюдать на слѣдующемъ опытѣ. На кусокъ льда кладутъ желѣзную проволоку, натягиваемую двумя гирями, привѣшенными къ ея концамъ. Такая проволока, путемъ давленія на ледъ, медленно врѣзывается въ него, т.-е. отъ давленія проволоки ледъ подъ нею таетъ, что позволяетъ ей опускаться все ниже и ниже. Но по мѣрѣ того, какъ проволока опускается, вода надъ нею освобождается отъ давленія и снова замерзаетъ, такъ что прохожденіе проволоки черезъ всю толщю куска льда не оставляетъ никакихъ слѣдовъ. Наполняя мелкими кусками льда различныя формы изъ самшитоваго дерева и подвергая эти формы сильному давленію, Тиндаль получаетъ сплошные и совершенно прозрачныя ледяныя шары, чечевицы и пр.

Слипаніе кусковъ есть исключительная принадлежность льда: висмутъ и

чугунъ, которые также, какъ и вода, расширяются при отвердѣваніи, не обладаютъ указаннымъ свойствомъ, придающимъ льду характеръ пластическаго вещества. Но не истинной пластичностью льда объясняется то, что глетчеры, медленно спускаясь съ горъ, повторяютъ форму неровностей той поверхности, по которой они протекаютъ; явленіе это происходитъ отъ того, что движущаяся ледяная масса, ударяясь о встрѣчаемые ею на пути препятствія, разбивается на куски, которые тутъ же смерзаются.

Если твердые тѣла при нагреваніи плавятся, то жидкія при охлажденіи должны, наоборотъ, отвердѣвать. Температура отвердѣванія различна для различныхъ тѣлъ. Процессъ отвердѣванія подчиняется слѣдующимъ тремъ законамъ:

1) Для всякаго тѣла существуетъ опредѣленная температура отвердѣванія, равная температурѣ плавленія разсматриваемаго тѣла.

2) Во все время отвердѣванія тѣла температура его остается постоянною.

3) При отвердѣваніи тѣла освобождается какъ разъ то же количество теплоты, какое поглощается при плавленіи его.

Иногда тѣло отвердѣваетъ при температурѣ, низшей его нормальной точки отвердѣванія. Это явленіе было открыто Фаренгейтомъ, показавшимъ, что вода можетъ не замерзаетъ даже и при  $-40^{\circ}$ . Но если быстро вывести ее изъ спокойнаго состоянія, она тотчасъ же замерзаетъ, причемъ, благодаря переходу ея въ твердое состояніе, освобождается соответствующее количество теплоты. Если, какъ дѣлалъ Жериз, стеклянную трубку съ находящимся въ ней кускомъ фосфора помѣстить въ сосудъ съ водой, температура которой нѣсколько выше  $44,2^{\circ}$ —точки отвердѣванія фосфора, то фосфоръ въ трубкѣ расплавится; если затѣмъ воду охладятъ медленно, то фосфоръ не отвердѣетъ, но при этомъ достаточно точка для того, чтобы онъ тотчасъ же перешелъ въ твердое состояніе; точно также отвердѣніе произойдетъ и въ томъ случаѣ, если въ расплавленную массу бросить кристаллъ желтаго фосфора, т.-е. кристаллъ той модификаціи названнаго металлоида, которая получается при отвердѣваніи: красный фосфоръ, по своимъ физическимъ свойствамъ совершенно отличный отъ желтаго, не способенъ своимъ прикосновеніемъ вызвать отвердѣніе жидкой массы желтаго фосфора.

Мы видѣли, что испареніе жидкости происходитъ одинаково въ воздухѣ и въ пустотѣ и что упругость паровъ зависитъ отъ температуры. Въ окружающемъ насъ воздухѣ всегда содержится извѣстное количество водяныхъ паровъ. Чтобы убѣдиться въ этомъ, достаточно поддержать на воздухѣ, въ открытомъ сосудѣ, опредѣленное количество сѣрной кислоты или какого-либо другаго вещества, жадно поглощающаго влагу; по истеченіи нѣкотораго времени мы увидимъ, что вещество это увеличилось въ вѣсѣ. Мы знаемъ также, что на наружной поверхности стѣнокъ сосуда со льдомъ, выставленнаго на воздухѣ, обидаетъ роса, представляющая собой не что иное, какъ сгущенные водяные пары. Сгущеніе это происходитъ отъ того, что слои воздуха, соприкасающіеся съ сосудомъ, охлаждаясь, скоро принимаютъ такую температуру, для которой они оказываются насыщенными водяными парами, такъ что при дальнѣйшемъ охлажденіи пары, прилегающіе къ стѣнкамъ, необходимо должны сгуститься въ воду.

Водяные пары, находящіеся въ атмосферѣ, происходятъ, главнымъ образомъ, отъ испаренія воды морей и рѣкъ. При обыкновенной температурѣ, съ каждаго квадратнаго метра водной поверхности испаряется въ двадцать четыре часа приблизительно литръ воды; такимъ образомъ съ каждаго квадратнаго километра морской поверхности испаряется въ сутки 1000000 литровъ воды, съ водной же площади всѣхъ морей должно за такое же время испариться  $400000000 \times 1000000 = 400000000000000$  (четыреста биліоновъ)—литровъ. Но для того, чтобы составить себѣ представленіе о той громадной массѣ воды, которая поглощается атмосферой, необходимо къ приведенному, числу прибавить еще то количество водяныхъ паровъ, которое доставляетъ прѣсная вода. Легко понять, что

для сохранения равновѣсія, атмосфера должна возвращать землѣ отнимаемую у посѣдней воду; вода эта и возвращается землѣ въ видѣ дождя, снѣга, росы.

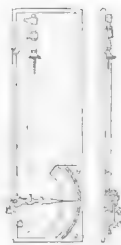
Количество находящихся въ воздухѣ водяныхъ паровъ весьма измѣнчиво. Такъ какъ измѣненія количества послѣднихъ оказываютъ большое вліяніе на множество явленій, совершающихся въ природѣ, то интересно знать способы опредѣленія этого количества. Приборы, служащіе для такого опредѣленія, называются *гигрометрами*.

Необходимо замѣтить, что на характеръ явленій, зависящихъ отъ влажности воздуха, вліяетъ не абсолютное количество водяныхъ паровъ въ атмосферѣ, а отношеніе между этимъ количествомъ и тѣмъ, которое требуется для насыщения воздуха. Это отношеніе, или что то же, отношеніе упругости содержащихся въ воздухѣ паровъ къ *наибольшей* упругости послѣднихъ называется *относительной влажностью* воздуха. При помощи гигрометровъ опредѣляютъ именно эту относительную влажность.

Многія органическія тѣла измѣняются въ объемѣ въ зависимости отъ степени влажности воздуха; это объясняется тѣмъ, что въ сырую погоду они поглощаются, а въ сухую—выдѣляютъ водные пары. Такъ, натяженіе кожи у барабана отъ влажности уменьшается, благодаря чему въ сырую погоду звукъ барабана ниже; тѣла, состоящія изъ скрученныхъ вѣстей нитей, напр., веревки отъ влажности разбухаютъ, укорачиваются и еще больше скручиваются. Обратное происходитъ съ кишечными странами, нерѣдко употребляемыми для приготовления гигроскоповъ, весьма, впрочемъ, неточныхъ. Одинъ конецъ небольшогоуска скрипичной струны укрѣпляютъ неподвижно, а другой соединяютъ со стрѣлкой; перемѣщенія послѣдней и указываютъ измѣненія въ степени влажности. У нѣкоторыхъ подобныхъ приборовъ конецъ струны привязанъ къ каплюшону, который въ сухую погоду стягивается съ головы куклы, а въ сырую—вслѣдствіе раскручиванія струны—снова надвигается на голову фигуры.

Волосъ, мало чувствительный къ измѣненіямъ температуры, значительно измѣняется въ длину, когда измѣняется относительная влажность окружающаго воздуха. На этомъ началѣ основано устройство *гигрометра Соссюра*. Важнѣйшею частью въ этомъ приборѣ служитъ освобожденный отъ жира волосъ, одинъ конецъ котораго укрѣпленъ неподвижно (фиг. 473), а другой перекинутъ черезъ блокъ. Черезъ тотъ же блокъ, но въ обратномъ направленіи перекинута шелковая нить, къ которой привѣшена гирька вѣсомъ около 2 дециграммовъ, служащая для натягиванія волоса. Къ блоку придѣлана стрѣлка, обращающаяся по круговой скалѣ. Во влажномъ воздухѣ волосъ удлиняется, благодаря чему стрѣлка поднимается, въ сухомъ же воздухѣ происходитъ укороченіе волоса, и стрѣлка опускается. Соссюръ градуируетъ свой приборъ подобно тому, какъ наносятъ дѣленія на термометръ. Онъ опредѣлитъ двѣ постоянныя точки—точку наибольшей влажности, или насыщенія воздуха, и точку абсолютной сухости. Нуль ставится въ той точкѣ, гдѣ останавливается стрѣлка, если приборъ помѣщается подъ колоколомъ, подъ которымъ воздухъ высушенъ, напр., прокаленнымъ поташомъ; для опредѣленія другой постоянной точки поташъ изъ подъ колокола удаляютъ, а на его мѣсто ставятъ тарелку съ водой для насыщенія воздуха паромъ; ту точку, гдѣ теперь останавливается стрѣлка, и помѣчаютъ числомъ 100. Промежутокъ между упомянутыми двумя точками дѣлится на 100 равныхъ частей, образующихъ *градусы* гигрометра.

Описанный гигрометръ даетъ числа непропорціональныя дѣйствительному содержанию водяныхъ паровъ въ воздухѣ; показанія его пригодны, поэтому, только въ томъ случаѣ, если при немъ имѣется таблица поправокъ. Такъ какъ гигрометры съ волосомъ несравнимы, то каждый такой приборъ долженъ имѣть



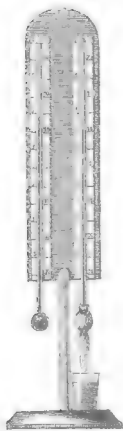
Фиг. 473.

Гигрометръ съ волосомъ (Соссюра).

свою особую таблицу. Но такой гигрометръ является несравнимымъ даже съ самимъ собою, такъ какъ показанія съ теченіемъ времени измѣняются. Благодаря всѣмъ указаннымъ недостаткамъ гигрометръ Соссюра не употребляется для точныхъ измѣреній.

Въ 1841 году бернскій профессоръ химіи Бруннеръ предложилъ иной способъ для опредѣленія влажности. Онъ пропускаетъ опредѣленный объемъ воздуха чрезъ вещества, жадно поглощающія влагу, и опредѣляетъ затѣмъ приращеніе въ вѣсѣ этихъ веществъ; приращеніе это и выражаетъ вѣсѣ водяного пара въ извѣстномъ объемѣ воздуха. Такъ какъ подобное опредѣленіе продолжается довольно долго, то въ результатѣ его получается средняя влажность за опредѣленный промежутокъ времени.

*Сгустительными гигрометрами* называются такіе приборы, въ которыхъ водяные пары, находящіеся въ воздухѣ, сгущаются на томъ или иномъ охлаждаемомъ тѣлѣ. Впервые подобный гигрометръ былъ устроенъ французскимъ врачомъ ле Руа въ 1761 году. Его приборъ состоитъ изъ оловяннаго сосуда съ водой и термометра. Для охлаждения сосуда вмѣстѣ съ окружающимъ его слоемъ воздуха въ сосудъ время отъ времени бросаютъ кусочки льда. Такъ какъ при пониженіи температуры количество паровъ, необходимое для насыщенія извѣстнаго пространства, уменьшается, то долженъ наступить такой моментъ, когда вслѣдствіе охлаждения сосуда воздухъ, съ нимъ соприкасающійся окажется насыщеннымъ. Вслѣдствіе того, что охлажденіе продолжается и по наступленіи этого момента, часть водяныхъ паровъ сгустится на стѣнкахъ сосуда: на послѣднихъ появится слой росы, благодаря тому, что для данной температуры упругость водяного пара въ слой воздуха, прилежащемъ къ сосуду, будетъ наибольшая. Такъ какъ упругость водяныхъ паровъ въ этомъ слой равна упругости паровъ въ окружающемъ воздухѣ, то, раздѣливъ послѣднюю на наибольшую упругость паровъ при температурѣ окружающаго воздуха, найдемъ относительную влажность.



Фиг. 474.  
Психрометръ.

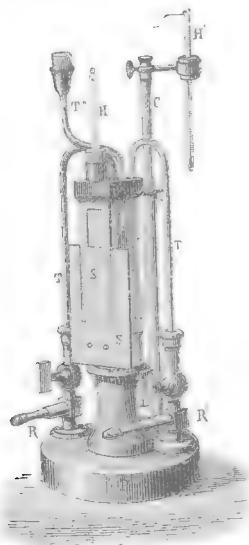
Числа, даваемые описаннымъ приборомъ, нѣсколько превышаютъ тѣ, которыя должны бы получаться при точныхъ опредѣленіяхъ. Это зависитъ, во первыхъ, отъ того, что въ испытуемый воздухъ вносится сосудъ съ водой, а во вторыхъ, отъ близости наблюдателя къ прибору. Если же влажность опредѣляется на открытомъ воздухѣ, при вѣтрѣ, то къ указаннымъ двумъ причинамъ неточности показаній присоединяется еще одна: слой воздуха, соприкасающійся съ сосудомъ, смѣняется слишкомъ быстро, такъ что онъ не успѣваетъ принять температуру холодныхъ стѣнокъ.

Сгустительный гигрометръ Крова лишентъ всѣхъ недостатковъ. Онъ состоитъ изъ никелированной, хорошо отполированной снаружи, тонкой латунной трубки, закрытой спереди матовымъ стекломъ, а сзади чевицей съ большимъ фокуснымъ разстояніемъ, позволяющей ясно видѣть круглое изображеніе матоваго стекла, отраженное отъ зеркальныхъ стѣнокъ трубки. Трубка вдѣлана въ латунный ящикъ съ сѣристымъ углеродомъ; послѣдній испаряютъ, вдвывая струю воздуха. Когда трубка благодаря испаренію названной жидкости, достаточно охлаждается, на стѣнкахъ ея появляются тусклые мѣста—указаніе на осѣвшую здѣсь росу. Если прекратить вдвуканіе воздуха, роса исчезаетъ. Температура при исчезаніи и образованіи росы указывается термометромъ, погруженнымъ въ сѣроуглеродъ. Среднее изъ многихъ такихъ наблюденій точно показываетъ температуру сѣроуглерода въ моментъ образованія росы.

На фигурѣ 475 изображенъ сгустительный гигрометръ Алларя.

Метеорологи предпочитаютъ пользоваться такъ-называемымъ *психромет-*

рами, снарядами помощью которых влажность воздуха определяется проще. Психрометр (отъ греч. ψυχρός—холодный и μέτρον—мѣра) (фиг. 474) состоитъ изъ двухъ одинаковыхъ термометровъ, укрѣпленныхъ рядомъ на одной доскѣ. Резервуаръ одного термометра обернутъ постоянно смачиваемой тканью (напр., кисеи), съ которой происходитъ непрерывное испареніе, понижающее температуру резервуара. Степень этого пониженія зависитъ отъ быстроты испаренія т.-е. отъ влажности воздуха (чѣмъ суше окружающій воздухъ, тѣмъ быстрее испареніе). Если, какъ предложили Дуайеръ (въ 1855 г.) и Массе де Лепинъ (въ 1881 г.), передъ тѣмъ, какъ обратиться къ показаніямъ термометровъ, вращать эти послѣдніе путемъ разматыванія шпурка въ теченіе нѣсколькихъ секундъ, то разность между наибольшей упругостью пара при температурѣ влажнаго термометра и упругостью, соответствующей температурѣ воздуха, будетъ пропорціональна произведенію атмосфернаго давленія на разность температуръ



Фиг. 475. — Служебный гигрометр Аллара.

обоихъ термометровъ, причемъ постоянная пропорція не зависитъ отъ того, когда производится наблюденіе, и можетъ быть опредѣлена разъ на всегда.

Если при нагреваніи какой-нибудь жидкости упругость паровъ послѣдней дѣлается равной давленію атмосферы на эту жидкость, то жидкость *закипаетъ*. Какъ мы уже знаемъ, температура жидкости во все время кипѣнія не мѣняется, до тѣхъ поръ, пока остается постояннымъ давленіе. Если же давленіе мѣняется, то вмѣстѣ съ тѣмъ мѣняется и точка кипѣнія, подобно тому, какъ въ зависимости отъ давленія мѣняется точка плавленія тѣла. Вода, напр., кипитъ при 100° подъ давленіемъ 760 миллиметровъ, но при меньшемъ давленіи и температура кипѣнія будетъ ниже. Подъ колоколомъ воздушнаго насоса можно заставить воду кипѣть при любой температурѣ. Въ знакомомъ намъ аппаратѣ Карре вода въ графинѣ кипитъ за нѣсколько секундъ до появленія льда. Выразеніе „*кипящая вода*“ связано въ нашемъ умѣ съ представле-

ніемъ о высокой температурѣ только потому, что въ обыденной жизни мы обыкновенно наблюдаемъ кипѣніе воды лишь при давленіяхъ, мало разнящихся отъ средняго атмосфернаго давленія, т.-е. отъ 760 мм.лим.

Франклинъ наглядно демонстрировалъ кипѣніе воды при температурѣ, низшей 100°, помощью слѣдующаго опыта (фиг. 476). Воду, налитую въ стеклянный баллонъ съ длиннымъ горлышкомъ, заставляють кипѣть въ продолженіе приблизительно десяти минутъ. Когда пары, отдѣляющіеся при кипѣніи, выгоняютъ воздухъ изъ стеклянки, последнюю закрываютъ и переворачиваютъ горлышкомъ внизъ; для того, чтобы воспрепятствовать проникновенію воздуха въ баллонъ, горлышко его погружаютъ при этомъ въ сосудъ съ водой. По прекращеніи нагреванія жидкость перестаетъ кипѣть, но если



Фиг. 476.

Опытъ Франклина:  
кипѣніе въ слѣдствіе  
охлажденія.

теперь полить на баллонъ холодной воды, то кипѣніе возобновится и можетъ продолжаться до волюи долго. Это объясняется тѣмъ, что температура паровъ, давящихъ на жидкость, уменьшается, вмѣстѣ съ чѣмъ уменьшается и ихъ упругость, т.-е. давленіе на жидкость, подъ уменьшеннымъ же давленіемъ жидкость можетъ кипѣть и при температурѣ низшей 100°. Даже спусти часъ послѣ того, какъ было прекращено нагреваніе, поливаніемъ стеклянки холодной водой можно еще возобновить кипѣніе.

На сахарныхъ заводахъ указаннымъ принципомъ пользуются для испаренія сиропа при низкой температурѣ, чѣмъ, во-первыхъ, сберегается топливо, а во-вторыхъ, что особенно важно, уменьшается переходъ сахара, способнаго къ кристаллизаци, въ сахаръ, не кристаллизующагося. Такимъ образомъ уменьшается остатокъ послѣ операціи, т.-е. количество патоки. Устройство употребляющагося при этомъ аппарата принадлежитъ Деросну и Келю. Испаренный сиропъ помѣщается въ котелъ, откуда пары проводятся по трубкѣ въ громадный мѣдный змѣвикъ, въ которомъ протекаетъ холодный сиропъ, прѣвращающій въ вышележащаго резервуара. Этотъ холодный сиропъ понижаетъ температуру змѣвика, а вмѣстѣ съ тѣмъ и температуру паровъ, что способствуетъ кипѣнію при невысокой температурѣ; кромѣ того, сиропъ нагревается и стекаетъ въ котелъ въ болѣе концентрированномъ состояніи. Воздухъ изъ змѣвика выкачивается воздушнымъ насосомъ, благодаря чему достигается возможно низшая температура кипѣнія.

Зная, по показанію барометра, давленіе атмосферы въ данномъ мѣстѣ, легко опредѣлить температуру кипѣнія воды для этого мѣста. Обратно, зная, по термометру, при какой температурѣ вода кипитъ, нетрудно опредѣлить вѣнское давленіе, равное наибольшей упругости водяныхъ паровъ при данной температурѣ. На этомъ-то принципѣ Ренью и основалъ устройство своего *ниросометра* (высотометра). Нирометръ состоитъ изъ котелка, снабженнаго трубкою для выхода пара. Въ котелокъ наливаютъ воды и нагреваютъ его на лампѣ. Термометръ, погруженный въ отдѣляющіеся пары, показываетъ температуру кипѣнія. По этой последней легко узнать вѣнское давленіе, а вмѣстѣ съ тѣмъ и высоту мѣста, въ которомъ производится наблюденіе: высота эта пропорціональна разности между 100 и числомъ градусомъ, выражающимъ температуру кипѣнія въ данномъ мѣстѣ. Такъ, въ Кито, высота котораго надъ уровнемъ моря равна 2908 метрамъ, вода кипитъ при 90,1°, между тѣмъ какъ въ Мадридѣ, высота котораго 610 метровъ, кипѣніе воды происходитъ при 97,8°.

Точка кипѣнія жидкости измѣняется также и въ томъ случаѣ, если въ ней растворены какія-либо постороннія вещества. Такъ, вода, насыщенная поваренною солью, кипитъ при 108,60. Но при этомъ необходимо замѣтить, что

какова-бы ни была температура кипящего раствора, температура паровъ его зависить только отъ вѣшняго давленія и остается равною температурѣ паровъ чистой воды.

Температура глубокихъ слоевъ кипящей жидкости выше  $100^{\circ}$ , ибо для образованія пузырей, паръ долженъ преодолѣть не только давленіе на свободную поверхность жидкости, но и давленіе всей жидкости, лежащей надъ разсматриваемымъ слоемъ.

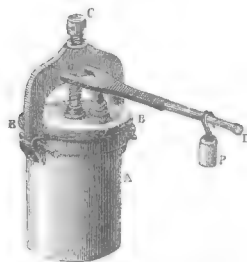
При увеличеніи давленія на жидкость, температура кипѣнія послѣдней повышается. Сообщая паровой котель съ резервуаромъ, содержащимъ сжатый воздухъ, температуру кипѣнія воды можно довести до  $120^{\circ}$ , но тогда жидкость можетъ кипѣть лишь въ томъ случаѣ, если надъ нею находится достаточно большое пространство, извѣтное отъ дѣйствія очага; въ противномъ случаѣ кипѣнія не происходитъ, какъ это видно на *Папиновомъ* \*) котлѣ (фиг. 477). Названный приборъ представляетъ собою толстостѣнный бронзовый цилиндръ, закрытый крышкою, крѣпко придавливаемой винтомъ С. Предохранительный клапанъ о приближается стержнемъ, къ которому привѣшенъ грузъ Р. Грузъ выбирается такой, чтобы рычагъ съ клапаномъ при слишкомъ большомъ давленіи поднялся. Пары, отдѣляющіеся при нагреваніи этого прибора оказываютъ на жидкость значительное давленіе и тѣмъ препятствуютъ образованію пузырей. При постепенномъ повышеніи температуры упругость паровъ возрастаетъ весьма быстро; такъ, при  $200^{\circ}$  давленіе равно уже 16 атмосферамъ. Напоръ такой громадной силы можетъ разорвать самый прочный котель и причинить этимъ цѣлый рядъ несчастій.

Въ такомъ котлѣ можно нагрѣть воду до такой высокой температуры, при которой въ ней будутъ растворяться вещества, нерастворимыя въ водѣ при  $100^{\circ}$ , напр., органическая (клей дающая) основа костей. Эту цѣль и имѣлъ въ виду Папинъ, назвавшій свой котель *разварителемъ*.

Если снять грузъ Р, то клапанъ откроется, чрезъ узкое отверстіе, которое онъ закрывалъ, вырвется наружу столбъ пара въ нѣсколько метровъ вышиною; часть пара при этомъ осядетъ, и весь онъ, свободно расширившись въ открытомъ пространствѣ, настолько охладится, что въ струѣ его подлѣ самаго отверстія безопасно можно будетъ держать руку, между тѣмъ какъ паръ, выходящій изъ сосуда съ водою, кипящею подъ обыкновеннымъ давленіемъ, обжигаетъ руку. Отсюда повятно, почему, дунъ ртомъ на руку, мы въ однихъ случаяхъ получаемъ ощущеніе тепла, а въ другихъ—холода. Если при такомъ дутѣ ротъ широко открыть, то выходящая струя воздуха, смѣшанная съ водяными парами, сохранитъ температуру легкихъ, близкую къ  $37^{\circ}$ , но если, плотно сжавъ губы, мы будемъ сжимать выдуваемую струю, то по выходѣ изъ рта она расширится, вслѣдствіе чего температура ея понизится, и рука получитъ ощущеніе холода.

По мѣрѣ того, какъ температура Папинова котла повышается, паръ надъ водою скопляется все въ большемъ и большемъ количествѣ. Спрашивается, чтѣ произойдетъ, если мы съ соответствующими предосторожностями будемъ вести нагреваніе дальше обычно достигаемыхъ температуръ.

Каньяръ-Латуръ, въ 1822 г., сильно нагревалъ различные жидкости въ закрытыхъ стеклянныхъ трубкахъ съ очень толстыми стѣнками. Жидкость, освобожденная отъ воздуха, вводилась въ одно колѣно изогнутой трубки; въ



Фиг. 477.—Папиновъ котель.

\*) Папинъ, знаменитый физикъ, род. въ Вду въ 1647 г., ум. въ 1714 г.



нижней части послѣдней находилась ртуть, такъ что другое колѣно, содержащее воздухъ, играло роль манометра со сжатымъ воздухомъ. При продолжительномъ нагреваніи того колѣна, въ которомъ содержалась жидкость, наступалъ, наконецъ, такой моментъ, когда исчезала всякая граница между жидкостью и паромъ, когда вся бывшая въ трубкѣ жидкость обращалась въ паръ. Стоило хоть немного понизить температуру для того, чтобы снова появилась жидкость, которая при новомъ соответствующемъ повышеніи температуры тотчасъ же опять исчезала. Эфиръ, какъ показали изслѣдованія Каньяръ-Латура, обращается въ паръ, занимающій объемъ, вътрое большій, чѣмъ тотъ, какой занимала жидкость, при 160°; упругость пара равна при этомъ 37 атмосферамъ; въ случаѣ сѣроуглерода жидкость исчезаетъ при 220°, при чѣмъ давленіе пара равно 78 атмосферамъ. Когда тотъ же опытъ производили съ водой, то трубка много разъ разрывалась; но, наконецъ, и воду удалось снова обратить въ паръ, при температурѣ плавленія цинка; объемъ этого пара былъ въчетверо больше объема воды.

Изъ вышеказаннаго слѣдуетъ, что за извѣстной температурой, называемой *критической точкой*, тѣло можетъ быть только въ газообразномъ состояніи и никакимъ давленіемъ не можетъ быть обращено въ жидкость.

Дрюэнъ повторилъ опыты Каньяръ-Латура при помощи такого же прибора, какимъ пользовался послѣдній. Вольфъ придавъ тѣмъ же опытамъ слѣдующее расположеніе. Онъ наливалъ испытуемую жидкость въ крѣпкія стеклянныя трубки, до половины, и погружалъ въ эту жидкость капиллярную трубку. Когда весь воздухъ оказывался уже выгнаннымъ, наружная трубка западала. По мѣрѣ того, какъ, при нагреваніи, повышается температура трубки, поднятіе жидкости въ капиллярной трубкѣ, равно какъ и выпуклость менiska, все болѣе и болѣе уменьшается, и при критической температурѣ жидкость въ наружной и капиллярной трубкахъ уже стоитъ на одной высотѣ. Способъ Вольфа позволяетъ весьма точно опредѣлять критическія точки, которыя могутъ быть наблюдаемы при нагреваніи жидкостей въ стеклянныхъ трубкахъ. Въ тѣхъ же случаяхъ, когда наибольшая упругость пара можетъ преодолѣть сдѣленіе частицъ стекла, приближающіе къ слѣдующей высотѣ. Металлическую трубку располагаютъ, какъ коромысло въсовъ, при помощи призмы, такимъ образомъ, что въ случаѣ однороднаго содержимаго, она должна держаться въ горизонтальномъ положеніи. Если нагревать такую трубку до тѣхъ поръ, пока въ ней найдется и жидкость, и паръ, она будетъ имѣть наклонное положеніе, но какъ только она достигаетъ критической температуры, наклонъ исчезаетъ, и положеніе трубки дѣлается горизонтальнымъ.

Эндрюсъ, производившій свои опыты (въ 1869 г.) главнымъ образомъ надъ углекислотой, нашелъ критическую температуру этой послѣдней равную 31°. Его приборъ представляетъ изъ себя родъ пьезометра, въ которомъ давленіе производится стальнымъ винтомъ, сжимающимъ воду въ томъ сосудѣ, гдѣ находится трубка съ чистой углекислотой; трубка эта, закрытая на одномъ концѣ, на другомъ запѣрта ртутнымъ указателемъ, передающимъ газу давленіе воды. Сосудъ съ водой сообщается съ другой трубкой, содержащей воздухъ, которая такимъ образомъ служитъ манометромъ. Весь приборъ помѣщаютъ въ ванну, температуру которой можно измѣнять по произволу. Результаты опытовъ, произведенныхъ при температурахъ, содержащихся въ предѣлахъ между 10° и 50°, были изображены графически. На двухъ перпендикулярныхъ одна къ другой линіяхъ отложены были, отъ точки пересѣченія, части, пропорціональныя соответствующимъ давленіямъ и объемамъ при извѣстной температурѣ.

При температурѣ 13,1°, увеличеніе объема въ зависимости отъ повышенія давленія подчиняется, до извѣстнаго предѣла, закону Маріотта. Предѣлъ этотъ—давленіе въ 49 атмосферъ, при которомъ газъ сразу переходитъ въ жидкость, занимающую гораздо меньшій объемъ. Имѣннѣе же сколько-нибудь замѣтно

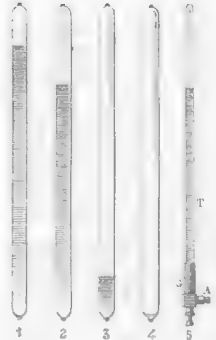
объемъ получившейся такимъ образомъ жидкости уже невозможно никакимъ давленіемъ. При 31,1° уже нельзя достигъ быстрого сгущенія. Въ этомъ случаѣ въ трубкѣ содержится уже не смѣсь двухъ веществъ, находящихся въ различныхъ состояніяхъ, а одно какое-либо вещество—или газъ—при давленіяхъ, меньшихъ 75 атмосферъ,—или жидкая углекислота—при давленіи, вышемаго указаннаго числа атмосферъ. Наконецъ, за температурой 31,1° углекислота остается въ газообразномъ состояніи, какъ-бы ни было велико производимое на нее давленіе.

При изученіи занимающаго насъ явленія важно знать наименьшее, для данной температуры, давленіе, которымъ можетъ быть произведено полное сгущеніе, т.-е. обращеніе всего газа въ жидкое состояніе. Соединивъ всѣ острія кривыхъ, соответствующихъ различнымъ температурамъ, получимъ *критическую кривую*. Для всякой точки на этой кривой, т.-е. при давленіи и температурѣ, ей соответствующихъ, углекислота можетъ быть отчасти въ жидкомъ, отчасти въ газообразномъ состояніи; для всякой же точки, взятой внѣ этой кривой, углекислота должна быть вся сплошная въ жидкомъ или въ газообразномъ состояніи. Эта кривая показываетъ, что для полученія критической точки углекислота недостаточно только понизить температуру послѣдней, а требуется также, чтобы и давленіе ея не превышало извѣстнаго предѣла. Въ самомъ дѣлѣ, если линія, параллельная оси температуръ, не прѣсѣкаетъ кривой, какъ бы ни была низка температура,—если давленіе остается прежнимъ, найти критическую точку невозможно. Эндриксъ сжималъ углекислоту при 50° до 150 атмосферъ и превращенія газа въ жидкость при этомъ не происходило; не измѣняя давленія, онъ охлаждалъ газъ, но и при этомъ состояніи углекислоты не измѣнялось. Если же, охлаждая газъ, одновременно уменьшить его давленіе, то сгущеніе въ жидкость происходитъ.

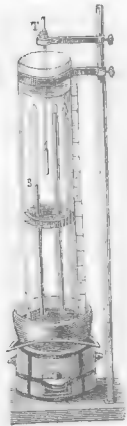
Эти опыты легко произвести въ трубкахъ Наттерера (фиг. 478). Такъ называются узкія трубки съ толстыми стѣнками, наполняемая углекислотой подъ различными давленіями, и наблюдаемая при различныхъ температурахъ.

Перейдемъ теперь къ опредѣленію наибольшей упругости паровъ при различныхъ температурахъ. Опредѣленіе это производится или по статическому, или по динамическому способу. Такъ какъ вода изучена въ этомъ отношеніи лучше всѣхъ другихъ жидкостей, то объ ней мы и будемъ сейчасъ говорить.

Статическій способъ, принадлежащій Дальтону, состоитъ въ томъ, что съ совершеннымъ барометромъ сравниваютъ барометръ, въ камеру котораго было впущено небольшое количество воды; разность уровней ртути въ барометрическихъ трубкахъ (фиг. 479) показываетъ упругость водяного пара при данной температурѣ. Этотъ способъ даетъ точные результаты лишь при обыкновенной температурѣ, при температурахъ же болѣе высокихъ онъ оказывается недостаточнымъ. Это объясняется тѣмъ, что обѣ барометрическія трубки помѣщены въ стеклянномъ цилиндрѣ съ водой, нагреваемой до желаемой температуры, а при этомъ точность наблюденій должна уменьшиться, во-первыхъ, охлажденіемъ воды, а во-вторыхъ—въслѣдствіе цилиндрической формы сосуда—и преломленіемъ лучей, идущихъ отъ барометрическихъ скалъ въ глаза наблюдателя чрезъ воду



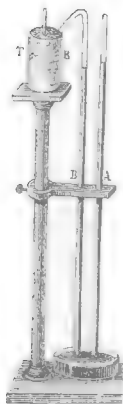
Фиг. 478.  
Трубки Наттерера.



Фиг. 479. — Аппаратъ Дальтона: опредѣленіе упругости паровъ при различныхъ температурахъ.

и стекло. Чтобы убедиться, насколько велика погрѣшность, проницающая отъ преломления, Реньо сравнилъ показанія, полученные при наблюденіяхъ безъ цилиндра съ водой и съ нимъ; разность оказалась значительной. Тогда онъ замѣнилъ стеклянный цилиндръ жестянымъ ящикомъ со стеклянными окошками въ верхней части. Этимъ путемъ, какъ показало сравненіе, погрѣшность отъ преломления устраняется. Приборъ Дальтона, видоизмѣненный Реньо, даетъ весьма точныя результаты при температурахъ, низшихъ  $50^{\circ}$ . Въ этомъ приборѣ въ ванну, представляющую собой жестяной ящикъ съ плоскими стеклянными окошками, погружены только верхнія части барометровъ; благодаря столь незначительной глубинѣ ванны, температура воды въ ней довольно равномерна. Разность уровней наблюдается посредствомъ зрительной трубки, прикрѣпленной къ линейкѣ съ дѣленіями. Для того, чтобы полученное показаніе было сравнимо съ другими показаніями, необходимо сдѣлать слѣдующія поправки:

- 1) привести замѣченную разность (ртутный столбъ известной высоты) къ  $0^{\circ}$ ;
- 2) выразить величину водяного столба надъ ртутью соответствующимъ ртутнымъ столбомъ;
- 3) исправить погрѣшность вследствие капиллярности.



Фиг. 480. — Аппаратъ Гей-Лиссака: опредѣленіе упругости паровъ при температурахъ, низшихъ  $0^{\circ}$ .

Первую поправку дѣлаютъ, руководствуясь знаніемъ коэффициента расширенія ртути. Остальныя же поправки Реньо дѣлалъ излишними, благодаря особой уловкѣ. Онъ замѣчалъ уровни два раза: разъ, какъ въ предыдущемъ случаѣ, а другой разъ послѣ соединенія обѣихъ трубокъ; такъ какъ можно допустить, что погрѣшности обѣихъ и тѣ же въ обѣихъ наблюденіяхъ, то при вычитаніи онѣ уничтожаются. Можно думать, что количество воды почти одинаково въ обѣихъ случаяхъ. Что касается до вліянія ртутныхъ паровъ, то при температурахъ, низшихъ  $50^{\circ}$ , оно почти равно нулю. Что оно не отсутствуетъ, можно убедиться изъ того, что, если надъ чашкой со ртутью держать, въ теплотѣ, пластинку, на которой начерчены линіи безцвѣтнымъ растворомъ соединенія азотносеребряной соли съ амміакомъ, то отъ дѣйствія паровъ ртути линіи эти почеркѣютъ и сдѣлаются видимыми.

Контрольные опыты, въ которыхъ вода не соприкасается со ртутью, показываютъ, что вышеописанный способъ Реньо даетъ вполнѣ точныя результаты. Барометрическую трубку сообщаютъ, съ одной стороны, съ воздушнымъ насосомъ, а съ другой — съ баллономъ, въ которомъ находится шарикъ съ кипяченой водой; баллонъ погружаютъ въ тающій ледъ и замѣчаютъ уровень ртути въ трубкѣ, содержащей пары. Затѣмъ, нагревая баллонъ, даютъ шарикъ лопнуть. Производя наблюденія при различныхъ температурахъ, получаемъ числа, вполнѣ согласныя съ предыдущими.

Можно погружать въ воду только баллонъ, лишь бы внѣшняя температура и температура баллона незначительно разнились между собою, и такимъ образомъ сдѣлать поправку и относительно вліянія ртутныхъ паровъ.

Реньо сдѣлалъ предположеніе, что упругость ртутныхъ паровъ при  $0^{\circ}$  равна нулю; для температуръ, заключающихся между  $0^{\circ}$  и  $100^{\circ}$ , онъ нашелъ числа, согласно которымъ жидкость должна была бы перегоняться въ холодномъ колѣнѣ, но на дѣлѣ это не такъ, потому что механическое равновѣсіе устанавливается не скоро и перегонка происходитъ медленно.

До сихъ поръ мы изучали интересующій насъ вопросъ при температурахъ, высшихъ  $0^{\circ}$ . Обратимся теперь къ температурамъ, низшимъ  $0^{\circ}$ , и воспользуемся известнымъ закономъ Уатта, состоящимъ въ томъ, что, если различныя части какой-нибудь ореды, содержащей насыщающій паръ, имѣютъ неодинаковыя температуры, то наибольшая упругость пара въ этой средѣ соответству-

еть наиболее низкой температурѣ. Первые измѣренія наибольшей упругости пара при температурахъ, низшихъ нуля, были произведены Гей-Люссакомъ, который пользовался при этомъ нѣсколько видоизмѣненнымъ способомъ Дальтона.

Загнутый верхній конецъ барометрической трубки В, погружаютъ въ охлаждающую смѣсь, температура которой указывается термометромъ. Эта температура есть, конечно, и температура паровъ, отдѣляющихся при испареніи введенной въ барометрическую трубку воды. Разность уровней ртути въ трубкахъ А и В Гей-Люссакъ опредѣлялъ посредствомъ зрительной трубки (съ сѣткою), передвигающейся по линейкѣ съ дѣлениями.

Недостатокъ этого способа состоялъ въ томъ, что температура изъ тѣстообразной охлаждающей смѣси (яко льда съ солью) была неточно извѣстна. Поэтому Гей-Люссакъ сталъ производить тѣ же наблюденія съ жидкой охлаждающей смѣсью изъ свѣга и хлористаго кальція, температура которой поддерживалась постоянно путемъ размѣшиванія. Въ эту смѣсь онъ погружалъ расширенную въ баллонъ загнутую часть барометрической трубки.

Если мы имѣемъ дѣло не съ водою, а съ такими жидкостями, у которыхъ наибольшая упругость паровъ при обыкновенныхъ температурахъ равна атмосферному давленію или даже выше его, то вмѣсто барометрическаго манометра



Фиг. 481.—Опредѣленіе упругости паровъ: аппаратъ Дюлонга и Араго.

необходимо употреблять открытый манометръ. Дальтонъ при такихъ изслѣдованіяхъ пользовался двухколѣнной трубкой съ закрытымъ короткимъ концомъ. Въ этотъ конецъ онъ вводилъ ртуть, затѣмъ, наклонивъ трубку, впускалъ въ нее испаряемую жидкость и замѣчалъ разность уровней. Ренью для той же цѣли соединялъ такую же трубку съ открытымъ манометромъ, причемъ двухколѣнную трубку, содержащую паръ, онъ погружалъ всю въ ящикъ съ плоскими стеклянными окошками, служившій ванною; отъ манометра эту трубку отдѣляла тонкая трубка, черезъ которую впускался воздухъ подъ желаемымъ давленіемъ. Разность уровней замѣчалась посредствомъ зрительной трубки, передвигаемой по линейкѣ съ дѣлениями, и приводилась къ 0°.

Для весьма летучихъ тѣлъ, каковы сгущенные газы, Ренью видоизмѣнилъ приборъ слѣдующимъ образомъ. Вставилъ въ ванну крѣпкій желѣзный сосудъ, раздѣленный перегородкою на двѣ калиброванныя камеры. Въ одну камеру онъ вводилъ сжиженный газъ, а въ другую—опредѣленное количество ртути; съ этой второй камерой сообщался манометръ со сжатымъ воздухомъ; газъ удерживался въ сжатомъ состояніи посредствомъ насоса. Зная разность уровней въ колѣнахъ манометра, всѣ введенной ртути и емкость камеръ, нетрудно было опредѣлить разность уровней ртути въ камерахъ.

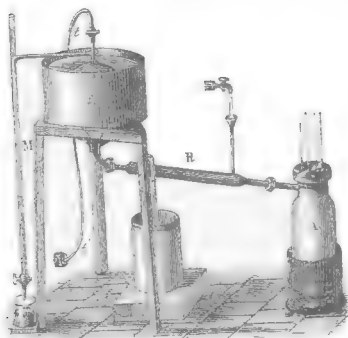
Результаты, даваемые Ренью для углекислоты, однако-же ошибочны. Какъ мы знаемъ, такіа наблюденія необходимо вести при температурахъ, низшей, неже-

ли критическая, такъ какъ въ противномъ случаѣ паръ не будетъ насыщать пространства. Реньо же наблюдалъ углекислоту при  $45^{\circ}$ , между тѣмъ какъ ея критическая температура есть  $80^{\circ}$ , т.-е. онъ наблюдалъ газъ, а не насыщающій паръ: желѣзный сосудъ не позволялъ экспериментатору видѣть, что паръ не насыщаетъ пространства.

Динамическій способъ, также принадлежащій Дальтону, основанъ на кипѣніи. Этимъ способомъ пользовался Реньо въ своихъ изслѣдованіяхъ наибольшей упругости паровъ при высокихъ температурахъ.

Прежде чѣмъ говорить объ относящихся сюда изслѣдованіяхъ Реньо, мы скажемъ нѣсколько словъ объ опытахъ Дюлонга и Араго, предпринятыхъ по порученію правительства.

Съ толстостѣннымъ котломъ (фиг. 481), снабженнымъ предохранительнымъ клапаномъ, сообщался посредствомъ трубки St. манометръ со сжатымъ воздухомъ n. Воздухъ изъ верхней части котла выгонялся путемъ кипѣнія воды при открытомъ клапанѣ, затѣмъ послѣдній закрывали. Тогда манометръ показывалъ



Фиг. 482.—Опредѣленіе упругости паровъ—по методу кипѣнія

упругость насыщающаго водянаго пара; при этомъ температура указывалась термометрами, въ желѣзныхъ футлярахъ, погруженными—одинъ въ воду, другой въ паръ. Дюлонгъ и Араго доходили въ своихъ наблюденіяхъ до  $224^{\circ}$ ; при такой температурѣ упругость пара равнялась 24 атмосферамъ.

Реньо произвелъ два ряда опытовъ; одинъ—съ небольшимъ котелкомъ—при температурахъ, низшихъ  $50^{\circ}$ ; этими опытами онъ подтверждалъ результаты, полученные имъ ранѣе; другой—съ большимъ котломъ—при болѣе высокихъ температурахъ. Его котелъ A (фиг. 482) сообщался съ баллономъ B, воздухомъ въ которомъ разрѣжался черезъ трубку n. Изъ четырехъ термометровъ въ желѣзныхъ, наполненныхъ ртутью, футлярахъ, два погружались въ воду, другіе два—въ паръ. Въ этихъ опытахъ опредѣляли: 1) температуру кипѣнія; на наступившее кипѣніе указывали характерный шумъ и постоянно температуры; 2) давленіе, подъ которымъ происходило кипѣніе; это давленіе показывалъ манометръ M. Для того, чтобы упругость оставалась постоянною во все время опыта, баллонъ большой выѣстимости поддерживался при одной и той же температурѣ; только при большомъ баллонѣ можно пренебречь соединительными трубками. При высокихъ температурахъ давленіе слѣдуетъ увеличивать; при низкихъ—уменьшать. Полученные результаты Реньо выразилъ таблицами и кривыми (температуры откладывались на абсциссы, давленія—на ординатахъ). Кривыя, относящіяся къ одной серіи опытовъ, представлялись непрерывными. Кривыя раз-

личных серий были не одинаковы, но параллельны; средняя и была принята за наиболее точную.

Из полученных таким образом результатов видно, что кривая воды при переходе через  $0^\circ$  не представляет непрерывности; это значит, что упругость паров льда и воды при одной и той же температуре одинакова. Отсюда следует, что: 1) *упругость пара не зависит от того, находится ли тело в твердом или жидком состоянии*; если возьмем смесь нескольких жидкостей, неспособных образовывать между собою ни определенного химического соединения, ни раствора, то наибольшая упругость смеси будет равна сумме наибольшей упругости всех взятых жидкостей. Если же смешиваемые жидкости образуют раствор, то наибольшая упругость смеси меньше суммы упругостей; нередко она даже меньше наибольшей упругости наиболее летучей из взятых жидкостей.

Проверяя справедливость Дальтова закона относительно смеси газов и паров, Ренью нашел, что наибольшая упругость пара в атмосфере какого либо газа меньше, чем в пустоте.

Но это зависит от того, что часть паров сгущается на стенках баллона, так что закон Дальтона должен считаться строго-справедливым.

Упругость паров жидкости, в которой растворена какая-либо соль, всегда меньше упругости той же жидкости в чистом состоянии.

Эти опыты следует производить по статистическому способу, так как при динамическом жидкость и ее пар имеют неодинаковые температуры; термометр при этом смачивается жидкостью, температуру которой он указывает.

В массе всякого тела теплота, передаваясь от частицы к частице, может распространяться по всем направлениям, часто на значительное расстояние от точек приложенія теплоты к телу; подобное распространение теплоты совершается не мгновенно, а с определенной скоростью, различной для различных телъ. Эта-то проходимость для теплоты и называется *теплопроводностью* тела (фиг. 488). Если один конец серебряной ложки погрузить в кипящую воду, а другой конец взять в руку, то уже очень скоро ложка делается настолько горячею, что она будет жечь руку. Из этого видно, что теплопроводность серебра очень велика.

Различные тела обладают, как сказано, различной теплопроводностью. Пусть два стержня одинаковых размеров, но из различных веществ, расположены один в продолжении другого; если, приклеив к ним воском ряд деревянных шариков, будем нагревать их в месте соприкосновения, то воск в различных местах растает и шарики станут отпадать в различные моменты; тот стержень, от которого до данного момента отпало большее число шариков, мы, конечно, признаем лучшим проводящим теплоту.

Ингенгуз устроил приборъ, при помощи которого можно сравнить теплопроводность различных телъ (фиг. 489). Это ящикъ, в который через отверстия, сделанные в одной из его стенок, вставлены прутья из различных веществ, покрытые тонким слоем воска. Ящикъ наполняется кипящей водой, благодаря чему внутренние концы всех прутьевъ принимаютъ температуру  $100^\circ$ ; отсюда теплота распространяется вдоль прутьевъ, и воск на последнихъ таетъ. Чемъ больше проводимость данного вещества, темъ на большемъ протяжении таетъ воскъ. Замѣтимъ тутъ, что теплопроводность тела измѣряется силою нагреванія, а не быстротой послѣдняго.



Фиг. 483.—Распределение теплоты вдоль нагреваемого на одномъ концѣ металлическаго стержня.



Фиг. 484.—Теплопроводность твердыхъ телъ: аппаратъ Ингенгуза.

Изъ такихъ наблюденій видно, что металлы проводятъ тепло неодинаково. Наибольшей проводимостью обладаетъ серебро, за нимъ идутъ: мѣдь, золото, латунь, олово, желѣзо, свинецъ, платина, висмутъ. Большой теплопроводностью металловъ именно и объясняется любопытное свойство металлическихъ тканей обрывать пламя. Если пламя газового рожка покрыть металлической сѣткой, то за послѣднюю пламя не будетъ переходить; точно также, если черезъ сѣтку пропустить незажженный газъ и зажечь его надъ нею, то пламя вынѣзъ не перейдетъ. Этимъ свойствомъ металлическихъ тканей счастливо воспользовался Девя, устроивъ лампу, предохраняющую горнорабочихъ отъ взрыва рудничнаго (углеродисто-водороднаго) газа при соприкосновеніи послѣднаго съ пламенемъ. *Предохранительная лампа* Девя, есть обыкновенная лампа, въ которой пламя окружено металлической сѣткой. Если въ рудникѣ и образуется газъ, то взрывъ произойдетъ только внутри лампы, наружу же пламя не выйдетъ; такимъ образомъ, рабочий успѣетъ безопасно выйти изъ рудника.

Теплопроводность металла гораздо значительнѣе теплопроводности неметаллическихъ тѣлъ: дерева, мрамора, кирпича и т. д. Этимъ-то и объясняется то, что хорошіе проводники на ощупь кажутся холоднѣе дурно проводящихъ тѣлъ; такъ, рука, прикасаясь къ металлическому предмету при температурѣ около 10°, ощущаетъ сильнѣйшій холодъ, между тѣмъ какъ при прикосновеніи къ дереву ощущенія холода не получается; металлическій предметъ, нагреваемый на одномъ концѣ, совершенно невозможно держать голою рукой за другой его конецъ, зажженную же спичку можно держать вполне свободно.

Благодаря своей дурной проводимости, кирпичъ представляетъ пригодный матеріалъ для постройки ледниковъ. Круглая яма, 6—8 метровъ въ діаметрѣ, выложенная кирпичемъ, набивается льдомъ; сверху послѣдній прикрываютъ соломой. Водѣ дѣйствіе частичнаго таянія куски льда смерзаются между собою, образуя одну сплошную глыбу. Избытокъ воды удаляется чрезъ водостокъ.

Жидкости, за исключеніемъ ртути, которая есть металлъ, представляютъ собой весьма дурные проводники тепла. Въ этомъ легко убѣдиться, нагревая какую-нибудь жидкость сверху и наблюдая, какъ медленно при этомъ нагревается нижній слой. При нагреваніи жидкости сверху различные слои не могутъ перемѣшиваться, не происходитъ конвекціи теплоты и потому не бываетъ быстрого повышенія температуры, какъ при нагреваніи снизу. Если, напр., въ нижней части наполненной водою трубки помѣстятъ кусокъ льда и, удерживая его въ этомъ мѣстѣ, нагревать верхнюю часть трубки, то вода въ этой части можетъ закипеть въ то время, какъ ледъ, внизу, не растаетъ.

Что касается газовъ, то они проводятъ теплоту еще хуже, чѣмъ жидкости, но непосредственнымъ опытомъ убѣдиться въ этомъ трудно, такъ какъ въ случаѣ газовъ почти невозможно устранить конвекціи. Дурная проводимость веществъ волокнистаго строенія зависитъ именно отъ того, что въ промежуткахъ между волокнами находится воздухъ; пуховыя одѣяла грѣютъ такъ хорошо именно потому, что между перышками заключаются воздухъ; употребленіе двойныхъ оконныхъ рамъ основано на дурной проводимости воздуха, заключеннаго между ними. Дурная проводимость войлока нашла себѣ приложение въ устройствѣ любопытнаго прибора, извѣстнаго подъ именемъ *автоматическаго котла*. Это—обыкновенный котелъ, помѣщенный въ ящикъ, который выложенъ внутри толстымъ слоемъ войлока; поверхъ крышки котла кладется войлочная подушка. Положивъ въ котелъ мяса, овощей и пр. и наливъ въ него воды, нагреваютъ его на очагѣ до тѣхъ поръ, пока не закипитъ вода; затѣмъ его ставятъ въ ящикъ на нѣсколько часовъ, по истеченіи которыхъ въ котлѣ оказывается хорошо сварившійся супъ; это станетъ весьма понятно, если замѣтитъ, что за три часа температура воды понижается едва на 10°.

Водородъ проводитъ теплоту лучше остальныхъ газовъ; въ этомъ оказывается приписываемый ему характеръ металла. Указанное свойство водорода легко обнаружить путемъ слѣдующаго простаго опыта. Если, накаливъ элек-

трическим током платиновую проволоку, поместить ее в атмосферу водорода, то она точно же охладится, между тем как в атмосфере всякаго другого газа она долгое время остается в раскаленном состоянии.

Нам не раз приходилось говорить о количествах теплоты. Посмотрим теперь, как такіа количества измѣряются. Отдѣлъ физики, занимающійся измѣреніемъ теплоты, называется *калориметріей*.

За единицу теплоты в физикѣ принимается количество теплоты, потребное для того, чтобы граммъ воды нагрѣлся отъ  $0^{\circ}$  до  $1^{\circ}$ . *Теплоемкостью*, или *удѣльной теплотой* тѣла называютъ количество теплоты, которое необходимо для того, чтобы температуру единицы вѣса этого тѣла повысить съ  $0^{\circ}$  до  $1^{\circ}$ ; согласно этому, теплоемкость воды равна единице.

Опытъ показываетъ, что количество теплоты, затраченной на нагрѣваніе тѣла, почти совершенно пропорціонально числу прибавившихся градусоѣ; поэтому теплоемкостью тѣла можно—общѣе—назвать количество теплоты, которое необходимо для нагрѣванія единицы вѣса на  $1^{\circ}$ . Для того, чтобы температуру какого-нибудь тѣла возвысить на  $10^{\circ}$ , ему нужно сообщить въ десять разъ больше теплоты, чѣмъ для повышения его температуры съ  $0^{\circ}$  до  $1^{\circ}$ .

Для опредѣленія теплоемкости тѣла обыкновенно употребляется *способъ смѣшенія*, который мы изложимъ въ существенныхъ чертахъ. Здѣсь допускаютъ во-первыхъ, что при охлажденіи, напр., на  $10^{\circ}$  тѣло теряетъ столько же теплоты, сколько нужно для нагрѣванія его на  $10^{\circ}$ ; во-вторыхъ, что, если смѣшать нѣсколько тѣлъ, имѣющихъ неодинаковую температуру, то черезъ нѣсколько времени установится во всей смѣси равномерная температура, причемъ количество теплоты, *приобрѣтенное* нагрѣвшимися тѣлами, будетъ равно какъ разъ тому количеству теплоты, какое *потеряно* тѣла охладившіяся.

Испытывае тѣло погружаютъ въ затунный сосудъ—*калориметръ*—съ водой (фиг. 488). Погруженный въ тотъ же сосудъ термометръ указываетъ температуру въ моментъ погруженія тѣла въ калориметръ и въ то время, когда уже установилась постоянная температура. При вычисленіи теплоемкости тѣла необходимо, конечно, принимать въ расчетъ не только охлажденіе тѣла и нагрѣваніе воды въ калориметрѣ, но, съ одной стороны, и охлажденіе оболочки, которою нерѣдко бываетъ окружено испытываемое тѣло, а съ другой стороны, и нагрѣваніе самого сосуда, служащаго калориметромъ, а также термометра и вообще всѣхъ частей прибора, нагрѣвающихся на счетъ испытываемаго тѣла.

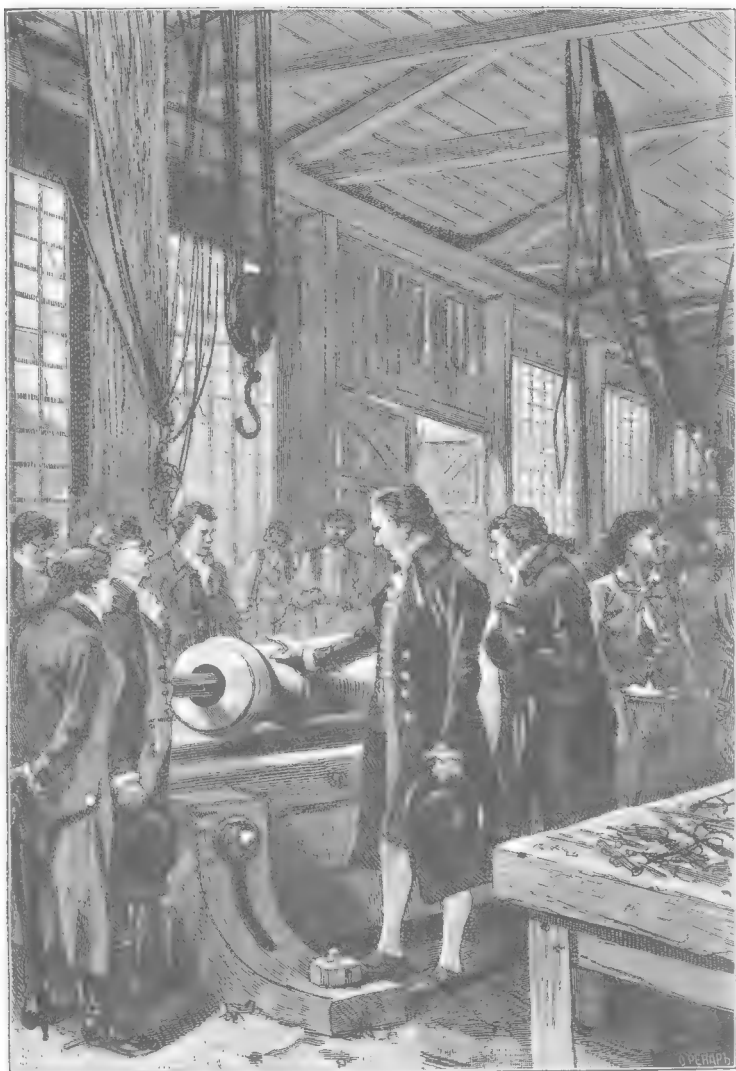
Если будемъ разсматривать таблицу теплоемкостей различныхъ тѣлъ, то замѣтимъ, что теплоемкости всѣхъ тѣлъ, за исключеніемъ воды, меньше единицы. Такъ, удѣльная теплота серебра есть 0,05601; это значитъ, что, если для нагрѣванія 1 килограмма воды отъ  $0^{\circ}$  до  $1^{\circ}$  требуется издержать 1 калорію, то для такого же повышения температуры 1 килограмма серебра необходимо только 0,05601 кал.

Наибольшей теплоемкостью, какъ сказано, обладаетъ вода. Это обстоятельство весьма важно для температуры земли. Освобождая огромныя количества теплоты при своемъ охлажденіи, вода морей и рѣкъ даетъ возможность атмосферному воздуху поглощать такіа количества тепла для своего нагрѣванія и для образованія соответствующаго количества водяныхъ паровъ. Такимъ образомъ вода регулируетъ температуру земли и окружающей ее атмосферы. Не будь ея, переходъ отъ температуры дня къ температурѣ ночи былъ бы чрезвычайно рѣзокъ.

Исслѣдованія Дюлонга и Пти показали, что атомы различныхъ тѣлъ для нагрѣванія до одной и той же температуры требуютъ одного и того же количества теплоты. Это вытекаетъ изъ того, что *произведеніе атомнаго вѣса (пая) на теплоемкость* есть число почти одинаковое для всѣхъ тѣлъ, т.-е. число *постоянное*. (Оно равно приблизительно 6,4.—*Пер.*)

Что касается до газовъ, то у нихъ необходимо различать: 1) теплоемкость при постоянномъ давленіи,— количество теплоты, нужное для нагрѣванія на  $1^{\circ}$





Фиг. 485.—Румфордъ, наблюдающій превращеніе механической работы въ теплоту.

единицы вѣса газа, могущаго свободно расширяться, но сохраняющаго при этомъ постоянную упругость,—и 2) теплоемкость при постоянномъ объемѣ, т.-е. количество теплоты, которое необходимо издержать для того, чтобы нагрѣть на 1° единицу вѣса газа въ томъ случаѣ, когда можетъ измѣняться только его упругость, объемъ же измѣняться не можетъ.

Въ случаѣ твердыхъ и жидкихъ тѣлъ этого различія можно не дѣлать, во-первыхъ, потому, что расширеніе такихъ тѣлъ при нагрѣваніи не велико, а во-вторыхъ, потому, что эти тѣла обыкновенно могутъ свободно расширяться. Для газовъ, какъ показали изслѣдованія Дезорма, Массона и Реньо, отношеніе двухъ теплоемкостей есть число постоянное и равное 1,41.

Теплота плавленія и теплота испаренія опредѣляются, подобно удѣльной теплотѣ, способомъ смѣшенія. Теплота плавленія (таянія) льда Лапровостажемъ и Дезормомъ найдена равною 79,25 кал. Важные труды Реньо надъ теплотой испаренія воды показали, что количество тепла, необходимое для превращенія въ паръ 1 килограмма воды при постоянной температурѣ 100°, равно 536 кал.

Въ промышленности важно знать общую сумму тепла, расходимаго на повышение температуры и на испареніе. Если вода, первоначально имѣвшая температуру  $Q^{\circ}$ , испаряется при температурѣ  $T^{\circ}$ , то эта общая сумма  $Q = 606,5 + 0,805 \times T$ .

При химическихъ процессахъ, совершающихся въ тѣлѣ животныхъ, непрерывно производится огромныя количества теплоты, благодаря чему только и возможно постоянство внутренней температуры тѣла. У различныхъ животныхъ температура эта различна: у голубя она 43°, у обезьяны 40°, у змѣи 31°, у устрицы 27°, у рака 26°, у сверчка 23°, у форели 14°\*).

Обратимся теперь къ отношеніямъ между теплотой и механической работой, изучаемымъ въ *термодинамикѣ*. Согласно законамъ рациональной механики, необходимо считать, что въ то время, когда дѣйствіе машины совершается равномерно, работа силъ движущихъ какъ разъ равна работѣ силъ противодействующихъ. Но если измѣримъ, съ одной стороны, *движущую работу*, а съ другой — *полезную работу* (*полезное дѣйствіе*), то увидимъ, что первая больше второй; такъ бываетъ всегда. Возьмемъ, для примѣра, тотъ случай, когда машина сама приводимая въ движеніе силою паденія воды, перемѣщаетъ другой столбъ, воды. Такой случай мы имѣемъ въ старинной машинѣ Марли, которая сама притодилась въ дѣйствіе паденіемъ известнаго столба воды съ опредѣленной высоты и въ свою очередь передавала иное количество воды изъ одного резервуара въ другой, вышележащій. Здѣсь *движущая работа* есть произведеніе вѣса падающей воды на высоту ея паденія, а *полезная работа* выражается произведеніемъ вѣса поднимаемой воды на разность уровней въ резервуарахъ; это-то произведеніе и оказывается всегда меньшимъ, чѣмъ движущая работа. Въ машинѣ Марли оно составляло лишь  $\frac{1}{10}$  движущей работы, но и въ самыхъ лучшихъ машинъ оно все-таки менѣе  $\frac{2}{3}$  послѣдней. Этого недочета находятъ себѣ объясненіе въ существованіи такъ-называемыхъ пассивныхъ противодействующихъ силъ, важнѣйшая изъ которыхъ есть *треніе*. Но если энергія терается не можетъ, то, очевидно, мы здѣсь имѣемъ дѣло съ нѣкоторымъ превращеніемъ ея.

Механика допускаетъ существованіе особой силы, называемой *трениемъ*; работа этой силы какъ разъ равна разности между движущей работой и полезной работой. Изслѣдуя трущіеся поверхности, мы замѣчаемъ, что онѣ тѣмъ болѣе нагрѣваются, чѣмъ сильнѣе треніе, или,—что тоже,—чѣмъ больше недочетъ въ работѣ, такъ какъ наряду съ этимъ нагрѣваніемъ мы не наблюдаемъ охлажденія какой-либо изъ частей машины, то мы приходимъ къ заключенію, что являющаяся теплота есть прямой результатъ тренія. Заключеніе это исполнѣ

\*) Животное помѣщаютъ въ новую кѣтку въ вѣдномъ ящикѣ, погруженномъ въ калориметръ. Воздухъ притекаетъ въ кѣтку изъ газометра; негодные продукты дышанія пропускаются чрезъ калориметръ въ вѣтникъ, собираются и анализируются.

согласуется съ общеправительнымъ фактомъ, что при треніи двухъ тѣлъ одно о другое является теплота—тѣмъ большая, чѣмъ сильнѣе треніе. Въ тотъ моментъ, когда машинистъ останавливаетъ поѣздъ тормазомъ, изъ останавливаемаго колеса нѣрѣдко вылетаютъ искры. Оси колесъ у вагона *смазываются* во время хода поѣзда для того, чтобы онѣ не нагрѣлись чрезмерно въ дѣйствіе тренія о подушки; ради того же машинистъ смазываетъ различныя части своей машины, стогарь—свою пилу, и т. п. Всегда это дѣлается съ цѣлью воспрепятствовать превращенію механической энергіи въ теплоту, съ цѣлью какъ можно лучше утилизировать затрачиваемую работу.

Моряки подмѣтили, что морская вода нагрѣвается во время бури: здѣсь въ теплоту превращаются удары волнъ однихъ о другія. Если ртуть перебрашивать изъ одного сосуда въ другой, то она такъ сильно нагрѣвается, что въ соприкосновеніи съ ней легко можетъ воспламениться керосинъ. Чтобы обогрѣть руки зимою, мы тремъ ихъ одну о другую, дикари, какъ извѣстно, добываютъ огонь треніемъ двухъ кусковъ дерева одного о другой.

Наблюдая работу на монхенскомъ пушечномъ заводѣ, Румфордъ\*) былъ пораженъ тѣмъ, какъ быстро и сильно нагрѣваются пушки при сверленіи (*физ.* 485). Въ 1798 г. онъ поддерживалъ кипѣніе воды путемъ такого освобожденія теплоты. Этотъ ученый первый обратилъ вниманіе на отношеніе, существующее между теплотой и механической работой.

Если тереть два куска льда одинъ о другой, то куски эти, какъ это замѣтилъ Деви, будутъ таять.

Подобно тому, какъ *работа превращается въ теплоту, и теплота можетъ превратиться въ работу*. Румфордъ показалъ возможность такого перехода, простымъ опытомъ: онъ замѣтилъ, что при выстрѣлѣ больше нагрѣвается ружье, заряженное однимъ порохомъ, чѣмъ ружье, заряженное и порохомъ и пулей: во второмъ случаѣ часть теплоты тратится, очевидно, на выбрасываніе пули.

Мы можемъ представить себѣ еще болѣе простой случай. Положимъ, что полезная работа машины равна нулю. Въ этомъ случаѣ равномерное движеніе машины есть результатъ одновременнаго дѣйствія вѣншей движущей силы и тренія. Остановивъ машину, мы убѣдимся, что единственный эффектъ выразился въ образованіи теплоты. Такимъ образомъ, движущая работа, очевидно, можетъ быть потрачена исключительно на производство теплоты.

Наилучшимъ доказательствомъ подобной исключительной траты работу на образованіе теплоты можетъ служить слѣдующій опытъ Тиндаля. Въ металлическую трубку наливаютъ эфира и плотно запираютъ ее пробкою. Эту трубку, посредствомъ рукоятки, двухъ зубчатыхъ колесъ, шпунра и блока приводятъ въ быстрое вращательное движеніе около ея продольной оси. При этомъ движеніи трубка трется между плоскими вѣтвями обнимающихъ ее шпильцовъ.

Отъ тренія трубка, а вмѣстѣ съ тѣмъ и содержащійся въ ней эфиръ, нагрѣвается; вслѣдствіе повышенія температуры эфира упругость его паровъ увеличивается, и пробка съ шумомъ вылетаетъ. Вѣншей силою, дѣйствующей на систему, образуемую трубкой и шпильцами, является усилие, употребляемое на вращеніе рукоятки. Такъ какъ эта система, поглощая извѣстную работу, сама не производитъ никакой, то ея энергія, очевидно, должна увеличиваться на количество расходуемой работы; но наблюдая машину въ томъ случаѣ, когда пробка вывнчена, такъ что выскочить не можетъ, мы замѣчаемъ, что единственнымъ результатомъ движенія машины является въ этомъ случаѣ образованіе теплоты; слѣдовательно, здѣсь увеличилась исключительно *тепловая энергія* системы: эта послѣдняя приобретаетъ *способность* выбросить пробку.

Количество теплоты, выделяющейся вслѣдствіе тренія, не можетъ быть

\*) Томсонъ Румфордъ, род. въ Нью-Гэмпширѣ (въ Америкѣ) 26-го марта 1753 г., ум. въ Остѣлѣ 21 августа 1814 г. Его важныя открытія относятся къ области теплоты и сѣта. Изъ сочиненій его назовемъ *исследования объ источникахъ теплоты, возбудяемой треніемъ*.

определено во время работы машины, но мы можем сравнить его с другим количеством теплоты, известным в точности,—принатым за единицу. Если между числом, выражающим работу движущей силы, и числом, выражающим освобождающуюся теплоту, при всяких условиях опыта, будет найдено *простое постоянное отношение*, то этим самым будет доказано существование известной *эквивалентности* между освобожденной теплотой и необходимой для ее освобождения движущей работой. Такое отношение, как показывают опыты, действительно существует. Путем многочисленных исследований найдено, что всегда для получения одной малой калории требуется затратить 417000000 эргов, или—что одно и то же—425 килограмметров дают одну большую калорию.

При изучении эквивалентности между механической работой и тепловой могут представиться два случая: 1) или работа тратится на теплоту (т. е. превращается в последней)—путем трения, удара и т. п.; 2) или, наоборот, теплота превращается в работу (паровые машины и т. п.).

Наиболее точны исследования надъ образованіемъ теплоты отъ тренія бы-ли произведены Джаулемъ, въ Манчестерѣ (1845—1849 гг.). Въ одномъ рядѣ опы-товъ, онъ изучалъ треніе жидкихъ частицъ однихъ о другія. Свинцовая гиря, спускавшаяся вдоль линейки съ дѣлениями, приводила въ движеніе ось съ на-саженными на нее 8 лопатками, помещенную въ калориметръ съ водою. Треніе въ калориметра устранилось искуснымъ и простымъ расположеніемъ частей, такъ что вся теплота, которую пріобрѣталъ калориметръ, происходила изъ за-трачиваемой движущей работы; благодаря этому, можно было вычислить меха-нической эквивалентъ теплоты. Въ этихъ опытахъ для полученія большой кало-рии требовалось издержать 424,1 килограмметра (для полученія малой—41601000 эрговъ). Въ двухъ другихъ рядахъ опытовъ Джауль работалъ съ калориметромъ со ртутью и нашелъ числа килограмметровъ, соответствующія большой калории, равными 424,2 и 425,5. Наконецъ, двѣ серіи наблюденій надъ треніемъ двухъ твердыхъ тѣлъ одного о другое (два чугунныхъ жернова терлись одинъ о другой въ калориметрѣ со ртутью) дали числа 425,9 и 424,8. Небольшое несовершенство между собой всѣхъ этихъ чиселъ можно было объяснить несовершеннымъ рас-положеніемъ опытовъ и заключить, такимъ образомъ, что количество теплоты, возбуждаемой треніемъ, всегда пропорціонально затрачиваемой движущей рабо-тѣ, причемъ коэффициентъ пропорціональности не зависитъ отъ природы тру-щихся тѣлъ и равенъ приблизительно 425 килограмметрамъ. Этотъ коэффиці-ентъ выражаетъ, что *возбужденіе* такого количества *теплоты*, которое необходи-мо для нагреванія 1 килограмма воды отъ 0° до 1°, и *поднятіе вѣзуса* въ 425 ки-лограммовъ на высоту 1 метра—суть дѣйствія, механическія, одно другому рав-носильныя, что въ томъ и другомъ случаѣ тратится одно и то же количество энергіи.

Указанный механическій эквивалентъ теплоты совершенно одинъ и тотъ же, возбуждается ли теплота треніемъ или какимъ-либо инымъ процессомъ. Пользуясь аппаратомъ Фуко, Вюльлэ измѣрялъ, съ одной стороны, работу, которую нужно издержать на преодоленіе электромагнитнаго сопротивленія индуктивныхъ токовъ, а съ другой—обусловливаемое имъ нагреваніе мѣдной пластинки (это послѣднее измѣреніе производилось путемъ погруженія пластинки въ калори-метръ съ водою). Во всѣхъ этихъ опытахъ были найдены числа, весьма близкія къ 425.

Выброшенная изъ ружья свинцовая пуля, ударяясь о какую-либо твердую преграду, раздавливается и отскакиваетъ отъ нея съ незначительной скоростью, но за то она нагревается нѣрѣдко до температуры плавленія.

Гирь \*) изучалъ возбужденіе теплоты ударомъ двухъ тѣлъ одного о дру-

\*) Густавъ-Адольфъ Гирь, род. въ Лотельбахъ, близъ Кольмара (Эльзасъ) 21 авг. 1815 г., ум. въ Лотельбахъ 14 янв. 1890 г. Въ 1834 г. поступилъ химикомъ на одну изъ лотельбахскихъ бумагопрядильныхъ, гдѣ служилъ долгое время. Предметомъ наиболее серьезныхъ его занятій были

гое. На громадный камень, покрытый сверху кованымъ желѣзомъ, онъ помѣщалъ кусокъ свинца вѣсъ и теплоемкость котораго ему были известны, и затѣмъ опускалъ на этотъ свинецъ большой чугунный молотъ. Зная, съ одной стороны, работу, которую совершалъ молотъ при своемъ паденіи, а съ другой—нагрѣваніе свинца отъ удара, Гирнъ могъ вычислить механической эквивалентъ теплоты. Въ шести такихъ наблюденіяхъ отношеніе работы, выраженной въ килограмметрахъ, къ числу большихъ калорій, получились близкимъ къ 425. Тотъ же ученый вычислилъ это отношеніе и при обратномъ процессѣ—при превращеніи теплоты въ работу. Относящіеся сюда опыты были произведены на сильныхъ паровыхъ двигателяхъ въ бумагопрядильныхъ въ Логельбалѣ близъ Кольмара. Что происходить въ машинѣ за то время, пока поршень успѣетъ разъ подняться и опуститься? Въ холодильникѣ накачивается известное количество воды, вода эта проникаетъ въ котелъ, здѣсь она нагрѣвается и превращается въ насыщающій паръ, который устремляется въ цилиндръ, поднимаетъ поршень и, потерявъ свою силу, переходитъ въ холодильникъ, такъ что въ концѣ этого ряда превращеній все въ машинѣ находится въ томъ же состояніи, какъ въ началѣ. Не только всѣ части механизма приняли свое первоначальное относительное положеніе, но и самый движущій агентъ возвратился въ свое прежнее состояніе; такъ какъ при этомъ была совершена известная вѣдшая работа, то казалось бы, что мы здѣсь имѣемъ дѣло съ непрерывнымъ движеніемъ, какъ оно, дѣйствительно и должно быть, если только въ теченіе періода хода не произошло никакой потери энергіи.

Такъ представляется дѣло, покуда мы разсматриваемъ паровую машину только въ отношеніи механическихъ явленій, покуда мы ищемъ только ту энергію, которая проявляется въ видимомъ движеніи частей машины, но трудность исчезаетъ тотчасъ же, какъ только мы примемъ во вниманіе теплоту: при образованіи пара въ котлѣ у послѣдняго отнимается известное количество тепла, а при сгущеніи этого пара въ холодильникѣ, здѣсь освобождается известное количество теплоты. Если эти два количества равны между собою, то невозможность существуетъ, если же они не равны, то трудность преодолима. Опыты Гирна показали, что паръ сообщаетъ холодильнику меньше тепла, чѣмъ онъ поглощаетъ у котла, причѣмъ недочетъ въ теплотѣ пропорціоналенъ работѣ, произведенной паромъ; отношеніе же (т.-е. коэффициентъ пропорціональности, иначе—механической эквивалентъ теплоты), которое Гирнъ и не предполагилъ опредѣлить въ точности, было найдено колеблющимся между 800 и 400.

Во всѣхъ вышеописанныхъ опытахъ, приведенныхъ къ тому, что число 425, найденное Джаулемъ наиболѣе простымъ и наиболѣе точнымъ способомъ, должно быть принято за постоянный для всѣхъ случаевъ механической эквивалентъ теплоты или тепловой эквивалентъ работы, мы предполагали, что имѣемъ дѣло только съ двумя явленіями—съ затрачиваніемъ работы и освобожденіемъ теплоты. Но не всегда дѣло бываетъ такъ просто: яерѣдъ, затрачивая известную работу, мы, помимо возбужденія теплоты, производимъ и иное какое-либо дѣйствіе или цѣлый рядъ дѣйствій. Пусть, напр., поршень на который наложимъ известный грузъ, давить, опускаясь, на какое-нибудь сжимаемое тѣло; тогда, сопоставляя затраченную работу съ образовавшейся при этомъ теплотой, найдемъ, что количество послѣдней не соответствуетъ затраченной механической энергіи: это потому, что тѣло, первоначально не сжатое, въ концѣ опыта оказалось сжатымъ.

Но указанное несоотвѣтствіе не есть отступленіе отъ закона: вполне естественно, что затраченной работѣ должна соответствовать не одна возбуж-

важѣйшіе вопросы физики. Въ 1880 г. онъ основалъ въ Кольмарѣ метеорологическую обсерваторію. Главнѣйшій его трудъ—*Механическая теорія теплоты*. Изъ другихъ его сочиненій упомянемъ слѣдующія: *Записка о термодинамикѣ*, *Записка о количествахъ Сатурна*, *Записка объ оптическихъ свойствахъ пламени горящихъ тѣлъ и о температурѣ солнца*, *Элементарный анализъ вселенной* (1889 г.) и *Поэтичная кинетика и динамизмъ будущаго* (1883 г.). Гирнъ былъ членомъ-корреспондентомъ парижской академіи наукъ и ученыхъ обществъ почти всѣхъ европейскихъ государствъ.

денная при этом теплота, а теплота вместе съ работой сжатія. Если вычислить эту послѣднюю и вычесть ее изъ затраченной работы, то разность будетъ точно соответствовать количеству образовавшейся теплоты.

Вообще необходимо замѣтить, что простѣйшій случай вычисленія механическаго эквивалента теплоты возможенъ только тогда, когда система проходитъ *замкнутый циклъ*, т.-е. когда она въ концѣ испытываемаго ею ряда превращеній представляется совершенно въ томъ же состояніи, въ какомъ она находится въ началѣ этого ряда; въ противномъ случаѣ мы имѣемъ открытый циклъ, и въ теплоту переходить уже не вся издерживаемая работа.

Эддунгъ, вытягивая проволоку и предоставляя ей потомъ принять свой прежній видъ, также нашелъ механическій эквивалентъ теплоты равнымъ приблизительно 425. Впервые механическій эквивалентъ теплоты былъ вычисленъ въ 1842 г. германскимъ врачомъ Ю. Р. Майеромъ, произведившимъ свои опыты надъ газами. Въ 1839 г. подобное вычисленіе было предугадано во Франціи Сегномъ.

Если 1 большая калорія можетъ произвести работу въ 425 килограмметровъ, то работа  $T$ , соответствующая  $Q$  калоріямъ, должна быть равна  $425 \times Q$ ; отсюда  $T = 425 \times Q = 0$ .

Карно показалъ, что термическія (тепловые) машины обладаютъ замѣчательнымъ свойствомъ—*оборотности*. При помощи внѣшняго двигателя можно, затрачивая работу, приводить паровую машину въ обратное дѣйствіе, т.-е. заставить ее дѣйствовать на подобіе нагнетательнаго насоса, причемъ паръ будетъ присасываться въ холодильникъ и вгоняться въ котель. Если машина, дѣйствующая въ прямомъ направленіи, для перехода изъ одного опредѣленнаго состоянія въ другое опредѣленное состояніе совершаетъ  $T$  единицъ работы, отнимая у котла  $Q$  единицъ теплоты, то для приведенія машины изъ этого втораго состоянія въ обратно въ первое необходимо сообщить ей нѣкоторое число единицъ работы  $F$ ; освобождая соответствующее количество теплоты  $Q$ . Если такимъ образомъ, машина придетъ въ свое первоначальное состояніе, то циклъ замкнется, и сюда будетъ примѣнимъ принципъ эквивалентности: *дѣйствительная работа*, т.-е. разность  $T - T'$  (между работой, которую совершила машина, и работой ей доставленной при обратномъ ходѣ) *должна находить свой тепловой эквивалентъ въ дѣйствительной теплотѣ*, поглощенной машиною, т.-е. въ разности  $Q - Q'$  (между теплотой, которую поглотила машина при совершеніи работы  $T$ , и теплотой, освобожденной машиною во время обратнаго хода); другими словами,  $T - T' = 425 (Q - Q')$ , откуда слѣдуетъ, что избытокъ работы надъ соответствующимъ количествомъ освобожденной теплоты всегда выражается однимъ и тѣмъ же числомъ, каково бы ни было превращеніе, т.-е.  $T - 425Q = T' - 425Q'$ . Такимъ образомъ, необходимо сказать, что: *разность  $T - 425Q$  между совершеной работой и соответствующимъ количествомъ освобожденной теплоты, при перемѣнѣ системы изъ одного и того же начальнаго къ одному и тому же конечному состоянію, постоянна и независима отъ ряда превращеній, испытанныхъ въ это время системою*.

Мы доказали эту теорему только для случая оборотности, т.-е. для такого случая, когда для того, чтобы обратить превращеніе достаточно уже незамѣтной перемѣны въ условіяхъ опыта; такъ, въ случаѣ паровой машины, если давленіе пара одно и то же по обѣ стороны поршня, т.-е. въ котлѣ и холодильнике, движеніе поршня—т.-е. дѣйствіе машины—въ ту или другую сторону обусловливается появленіемъ самой ничтожной разницы въ давленіи по сю и по другую сторону. Но опытъ показываетъ, что законъ эквивалентности, равно какъ и законъ относительно начальнаго и конечнаго состоянія, всегда примѣнимы и къ явленіямъ, не имѣющимъ характера оборотности.

Пока продолжается этотъ переходъ отъ начальнаго состоянія къ конечному, работа  $T$  и соответствующая ей теплота  $Q$  зависятъ въ каждый моментъ отъ промежуточнаго состоянія, но разность  $T - 425Q$  отъ послѣдняго независима.

Поглощая известное количество движущей работы, эквивалентное  $425 Q$ , машина производит полезную работу  $T$ , меньшую той работы, которая соответствуетъ освобожденной теплотѣ. Другими словами, теплотѣ  $425 Q$  соответствуетъ суммѣ двухъ работъ  $T+V$ , изъ которыхъ первая есть полезная работа, а вторая—внутренняя работа, или *внутренняя* энергія,—работа, расходуемая внутри системы во время превращенія. Такимъ образомъ можно написать равенство  $425Q=T+V$ .

Измѣненіе энергіи газа, расширяющагося безъ производства работы, равно нулю. Этотъ законъ найденъ Джаулемъ путемъ слѣдующихъ опытовъ. Въ калориметръ съ небольшимъ количествомъ воды онъ помѣщалъ два сосуда, изъ которыхъ въ одномъ находился испытуемый газъ, а въ другомъ было пустое пространство. Если открыть кранъ, соединяющій эти сосуды, то газъ, расширившись, войдетъ и въ пустой сосудъ; но температура калориметра при этомъ не измѣнится. Если же сосуды помѣститъ каждый въ особый калориметръ, то одинъ охладится настолько, насколько другой въ это время нагреется. Такимъ образомъ, Джауль пришелъ къ заключенію, что при одной и той же температурѣ газъ остается постояннымъ, какъ бы ни измѣнялся его объемъ. Но законъ этотъ, какъ и законъ Мариотта, есть только приближительный. Внѣшней энергіи Джауль и Томсонъ нашли, что, не смотря на постоянную температуру, энергія газа при увеличеніи его объема нѣсколько увеличивается.

Вычисленіе показываетъ, что при давленіи воздуха, близкомъ къ атмосферному, и при температурѣ  $20^{\circ}$  внутренняя работа при разложеніи газа равна приблизительно  $\frac{1}{500}$  вѣшней работы, произведенной газомъ. Но число это колеблется въ очень широкихъ предѣлахъ; такъ, для водорода оно не превышаетъ  $\frac{1}{1000}$ , между тѣмъ какъ для углероднаго ангидрида оно равно  $\frac{1}{133}$ .

Величина приведенныхъ отношеній зависитъ, очевидно, отъ величины выбранныхъ единицъ мѣры: градуса, единицы работы, единицы теплоты. Проф. Липманъ предлагаетъ употреблять вмѣсто большой калоріи абсолютную единицу теплоты—*термію*. Термія есть количество теплоты, эквивалентное единицѣ работы. Если единицей работы служить килограммметръ, то термія будетъ эквивалентомъ килограмметра; если на единицу работы принять *эргъ*, то термія есть эквивалентъ эрга.

*Законъ эквивалентности* объяснилъ намъ отношеніе, существующее между количествомъ затраченной теплоты и количествомъ произведенной работы. Теперь законъ Карно дастъ намъ отношеніе между температурой и работой и покажетъ, что всей, имѣющейся въ нашемъ распоряженіи, теплоты мы никогда не можемъ превратить въ работу, между тѣмъ какъ механическая работа можетъ быть превращена въ теплоту сполна. Законъ этотъ былъ выведенъ изъ наблюдений надъ тепловыми машинами. Если  $Q_1$  есть теплота, доставляемая паровымъ котломъ,  $Q_2$ —теплота, отдаваемая холодильнику, то разность  $Q_1-Q_2$  представляетъ собою исчезнувшую теплоту, взаимѣ которой мы получаемъ механическую работу  $T$ . Карно замѣтилъ, что теплота совершенно безъ пользы отдается холодильнику, и поставилъ себѣ цѣлью опредѣлить условія, наиболѣе способствующія уменьшенію этой потери. Было вполне очевидно, что эксплуатация машины представляетъ тѣмъ большія выгоды, чѣмъ больше отношеніе произведенной ею работы къ работѣ, соответствующей количеству теплоты, доставляемой котломъ, или, какъ говорить, чѣмъ больше *коэффициентъ полезнаго дѣйствія*. Ясно, что коэффициентъ этотъ будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше полезная работа, т.е. чѣмъ меньше потеря движущей работы въ паровой машинѣ; напр., идеальныя условія представляются тогда, когда разность между сопротивленіемъ, которое требуется преодолѣть, и давленіемъ пара равно нулю, т.е. когда давленіе пара подъ поршнемъ не превышаетъ давленія въ холодильнике. Указанія механическія условія,—когда сопротивленіе равно движущей силѣ, суть именно условія равновѣсія. Подобнымъ образомъ, для осуществленія усло-

вый термического равновѣсія, тѣло, превращающее теплоту въ работу, нагрѣвшись прикосновеніемъ къ теплomu тѣлу, охладившись прикосновеніемъ къ холодному, въ промежутокъ не должно охлаждаться, т.-е. не прикасаться къ тѣламъ, имѣющимъ температуру, отличную отъ его температуры. Но такіа условія равновѣсія вполнѣ тождественны съ условіями обратности, о которой сейчасъ скажемъ подробно.

Характеръ *обратности* имѣетъ такое измѣненіе въ положеніи системы, направление котораго зависитъ отъ малѣйшаго измѣненія въ условіяхъ этой системы. Пояснимъ это примѣромъ. Пусть въ трубкѣ имѣется поршень, подъ которымъ находится какая-либо жидкость въ соприкосновеніи съ отдѣльными отъ нея парами. Если подвинуть поршень въ ту или другую сторону, то какъ бы ни было ничтожно перемѣщеніе его, произойдетъ, смотря по направленію перемѣщенія, или сгущеніе нѣкоторой части пара, или испареніе еще нѣкоторой части жидкости.

Карно построилъ особый циклъ обратныхъ превращеній, распадающійся на слѣдующія моменты:

1) Тѣло испытываетъ *изотермическое* превращеніе, т.-е. остается въ прикосновеніи съ-теплымъ источникомъ, имѣющимъ *постоянную температуру*, напр., съ паровымъ котломъ. Объемъ тѣла увеличивается, но *температура не измѣняется*, остается—равною *температурѣ теплаго источника*.

2) Тѣло испытываетъ *адиабатическое* превращеніе, т.-е. такое, при которомъ оно не теряетъ теплоты; оно расширяется, объемъ его увеличивается, но температура понижается до температуры холодильника.

3) Въ соприкосновеніи съ холодильникомъ тѣло сжимается при постоянной температурѣ, объемъ его уменьшается; оно проходитъ изотерму холодильника.

4) Тѣло возвращается въ первоначальное состояніе, путемъ новаго адиабатическаго превращенія—его сжимаютъ и доводятъ до температуры котла.

Необходимо замѣтить, что теплота, заимствуемая тѣломъ у котла, идетъ не на повышение температуры, а на увеличеніе объема этого тѣла.

Такой циклъ на дѣлѣ трудно осуществить.

Напомнимъ, что коэффициентомъ полезнаго дѣйствія машины называется отношеніе количества превращенной теплоты ко всей теплотѣ, взятой у теплаго источника или—что то же—отношеніе работъ, эквивалентныхъ этимъ двумъ количествамъ теплоты. Такимъ образомъ, этотъ коэффициентъ, — обозначимъ его черезъ  $R$ ,—выражается или частнымъ  $\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ , гдѣ  $Q_1$  и  $Q_2$  выражены въ боль-

шихъ калоріяхъ, или же частнымъ  $\frac{T_2}{425 Q_1}$ , гдѣ  $T_2$  выражено въ килограмметрахъ, а  $Q_1$  въ большихъ калоріяхъ.

Путемъ изученія обратимыхъ двигателей, дѣйствующихъ согласно выше-приведенному циклу, Карно нашелъ, что коэффициентъ полезнаго дѣйствія остается одинъ и тотъ же, будетъ ли движущимъ агентомъ вода, воздухъ, эфиръ, углекислота и пр., т.-е. что этотъ коэффициентъ зависитъ единственно отъ температуры тѣлъ, участвующихъ въ передачѣ теплоты, что при одинаковыхъ условіяхъ температуры онъ представляетъ собою величину постоянную для всѣхъ обратимыхъ машинъ, дѣйствующихъ по циклу Карно.

Этотъ законъ былъ подтвержденъ сэромъ Вильямомъ Томсономъ на многихъ случаяхъ, въ которыхъ движущими агентами были вода, воздухъ, эфиръ, спиртъ, скипидаръ, при чемъ коэффициентъ  $R$  оказался равнымъ 0,008715.

Клаузиусъ далъ правило, могущее замѣнить законъ Карно, такъ какъ оно приводитъ къ тому же самому, къ чему приводитъ этотъ законъ. Правило Клаузиуса состоитъ въ томъ, что передача того или иного количества теплоты отъ одного тѣла къ другому не можетъ быть сдѣлана безъ затраты известной работы или известной части энергіи системы.

Всѣ предъидущія калориметрическія изслѣдованія были произведены на



основаніи понятія о равенствѣ и неравенствѣ температуръ. Законъ Карно даетъ намъ средство построить такую температурную шкалу, которая не зависѣтъ отъ природы того вещества, изъ котораго сдѣланъ термометръ.

Пусть  $T_1$  и  $T_2$  будутъ температуры котла и холодильника,  $Q_1$  количество теплоты, взятой у перваго и  $Q_2$  — теплота, отданная второму. Если допустимъ, что  $\frac{Q_1}{Q_2}$  равно  $\frac{T_1}{T_2}$ , то этимъ самымъ опредѣлимъ температурный промежутокъ такимъ же точно образомъ, какъ опредѣляютъ музыкальный интервалъ. Особенно важно то, что это отношеніе, а значитъ и этотъ промежутокъ, не зависѣтъ отъ работающей системы, т.-е. отъ природы термометра, такъ какъ всѣ термическія машины, дѣйствующія согласно циклу Карно, между двумя равными источниками даютъ одинъ и тотъ же коэффициентъ полезнаго дѣйствія.

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}.$$

Если  $Q_1$  равно  $Q_2$ , то и  $T_1 = T_2$ . Такъ какъ въ этомъ случаѣ температурный промежутокъ (разница) равна нулю, то и полезное дѣйствіе равно нулю.

Если  $Q_1$  больше  $Q_2$ , т.-е. если у теплаго источника отнимается больше теплоты, чѣмъ отдается холодному, то и температура  $T_1$  должна быть больше температуры  $T_2$ ; при этомъ полезное дѣйствіе есть величина положительная. Такимъ образомъ опредѣляются, слѣдовательно, равенство и неравенство температуръ.

Если полезное дѣйствіе  $R$  машины, дѣйствующей между температурами  $T_1$  и  $T_2$ , равно  $\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$ , а  $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$ , то отношеніе  $\frac{T_2}{T_1}$  должно быть равно разности между единицей и соответствующимъ ему полезнымъ дѣйствіемъ.

Числовыя величины всѣхъ моментовъ, заключающихся въ промежуткѣ между  $T_2$  и  $T_1$ , будутъ зависѣть отъ принятой величины любого изъ этихъ моментовъ.

Посмотримъ теперь, какимъ образомъ при помощи воздушнаго термометра опредѣляются абсолютныя температуры. Вычисленіемъ найдено, что абсолютныя температуры пропорціональны упругости постоянныхъ газовъ при постоянномъ объемѣ. Если за коэффициентъ этой пропорціональности принять 273, т.-е. число, равное обращенному коэффициенту расширенія водорода при постоянномъ объемѣ, то абсолютныя температуры будутъ находиться по показаніямъ водороднаго термометра—прибавленіемъ къ этимъ показаніямъ числа 273; такъ, напр., если стоградусный водородный термометръ показываетъ  $t^\circ$ , то абсолютная температура  $T$  будетъ равна  $273 + t$ . Это относится къ тѣмъ случаямъ, когда водородъ представляется совершеннымъ газомъ, но вѣдь мы знаемъ, что водородомъ можетъ быть разсматриваемъ какъ совершенный газъ въ весьма широкихъ предѣлахъ; оттого-то онъ и наиболѣе пригоденъ для приготавленія термометровъ.

Какъ было сказано, абсолютная температура пропорціональна упругости газа при постоянномъ объемѣ; отсюда слѣдуетъ, что абсолютный нуль есть та температура, при которой упругость газа равна нулю. Но такое опредѣленіе имѣетъ только теоретическій смыслъ, такъ какъ на практикѣ газы превращаются въ жидкое состояніе гораздо раньше, чѣмъ они принимаютъ такую температуру, при которой ихъ упругость была бы равна нулю.

Если въ выраженіи полезнаго дѣйствія машины  $R = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$  (равнымъ  $\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ ) сдѣлаемъ  $T_2 = 0$ , то  $R$ , равное  $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$ , сдѣлается равнымъ 1. Это значитъ, что коэффициентъ полезнаго дѣйствія машины былъ бы равенъ единицѣ въ томъ случаѣ, еслибы машина работала между абсолютнымъ нулемъ и какою-либо ную температурою. При этомъ въ работу превратилась бы вся заимствуемая у теплаго источника теплота. Въ такомъ видѣ опредѣленіе абсолютнаго нуля ближе къ практикѣ.

Эта новая температурная шкала независима от работающей системы, т.-е. от вещества, из которого сделан термометр; *отношение между теплотой, взятой у теплого источника, и теплотой, отданной холодному,—это отношение, выражающее температурный промежуток, есть число, физическая постоянная, т.-е. оно независимо от единиц массы, длины и времени.*

Возьмем тѣло, проходящее цикл Карно. Пусть  $T_1$  и  $T_2$  будутъ абсолютныя изотермы,  $Q_1$  количество теплоты, взятое у теплаго источника при изотермѣ  $T_1$ , и  $Q_2$  количество тепла, отданное холодному источнику при изотермѣ  $T_2$ . При адиабатическихъ превращеніяхъ обмѣнъ теплоты, какъ это ясно изъ самаго опредѣленія этихъ превращеній, равенъ нулю. Такъ какъ, согласно появленію обѣ абсолютныхъ температурахъ, отношенія  $\frac{Q_1}{T_1}$  и  $\frac{Q_2}{T_2}$  равны между собою,

то разность ихъ  $\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2}$  должна быть равна нулю.

Отношеніе, подобное  $\frac{Q_1}{T_1}$  называется *энтропией*:  $\frac{Q_1}{T_1}$  есть энтропія, полученная тѣломъ при изотермѣ  $T_1$ , а  $\frac{Q_2}{T_2}$ —энтропія, отданная при изотермѣ  $T_2$ . Эти энтропіи, какъ мы видѣли, равны между собою, т.-е. разность ихъ равна нулю; это значитъ, что по заключеніи цикла энтропія, приобретенная тѣломъ, есть нуль; другими словами, законъ Карно есть законъ сохраненія энтропіи.

Законъ эквивалентности и законъ Карно нашли приложеніе къ большому числу проблемъ, о которыхъ мы здѣсь не можемъ говорить.

## Заключение.

При самомъ поверхностномъ наблюденіи всѣ явленія представляются намъ отличными одни отъ другихъ, потому что у каждаго изъ нихъ найдутся какія-нибудь особенности. Но уже непосредственное чувство скоро подводитъ всѣ явленія подъ четыре, повидимому, различныя группы: слуху отводится область звуковыхъ явленій, осязанію—явленія тепловыя, зрѣнію—свѣтovyя, и т. д.; научное же, сравнительное изученіе явленій показываетъ, что звукъ, теплота, свѣтъ не представляютъ собою независимыхъ физическихъ опытовъ, что все это—проявленія движенія частицъ нѣкоторой однородной среды. Для напоминанія объ этой-то единой причинѣ явленій мы постоянно и употребляли выраженіе *энергія*. Прилагая къ этой послѣдней эпитеты, данные грубой классификаціей явленій,—называя ее то звуковой, то электрической, то свѣтовой, то тепловой энергіей, мы, однако-же, всюду старались доказать, что всѣ эти виды энергіи постоянно переходятъ одинъ въ другой, безъ потери.

Вотъ какъ характеризуетъ роль физики академикъ Корню. „Въ нарисованной передъ вами картинѣ я попытался указать на то значеніе, какое имѣетъ современная физика для всѣхъ наукъ, пользующихся опытомъ и наблюденіемъ. Какъ ни мало совершенна эта картина, но въ нея ясно видно, что физика въ высокой степени заслуживаетъ названіе общей науки: область, обнимаемая ею, такъ же обширна, какъ тѣсна сохраненная ею связь съ тѣми отраслями знанія, которыя въ прежнее время считались ея частями. Вы видѣли, какъ много она дала такимъ наукамъ, какъ химія и физическая астрономія, и сколько она сама позаимствовала у другихъ наукъ на развитіе такихъ ея отдѣловъ, какъ электричество; она, такимъ образомъ, съ такою же охотою даетъ другимъ наукамъ свой точный методъ, съ какою она пользуется свѣдѣніями, приходящими извнѣ; другими словами, она многосторонне обмѣнивается со всѣми отраслями натуральной философіи“.

„Другая важная особенность физики состоитъ въ томъ духѣ обобщенія, ко-

торый въ ней господствуетъ. Въ то время какъ многія другія науки дробятся все болѣе и болѣе, физика, напротивъ, стремится привести всѣ явленія къ немногимъ группамъ; число отличныхъ другъ отъ друга физическихъ агентовъ все болѣе и болѣе уменьшается: теплота сдѣлалась родомъ движенія, или, лучше сказать, особой формой энергіи; магнетизмъ слился съ электричествомъ, а само электричество близко къ сліянію со свѣтовыми волненіями, которыя уже давно связаны со звуковыми колебаніями. Такимъ образомъ, по мѣрѣ того, какъ различные отдѣлы развиваются, различія между ними все болѣе и болѣе исчезаютъ, теоріи стремятся къ объединенію".

„Въ этомъ нѣтъ ничего удивительнаго: наука и должна быть едина и проста; границы, проведенныя философами между различными отраслями знанія, искусственны; онѣ только указываютъ на то, что мы не знаемъ тѣхъ узъ, которыми связаны между собою истины, переданныя намъ нашими предками. Но усилія столь длиннаго ряда поколѣній не остались безплодными, и уже видится намъ заря того дня, когда эти границы, ставъ ненужными, исчезнутъ сами собою, и всѣ вѣтви натуральной философіи соединятся въ одно стройное цѣлое".

Объединеніе это произойдетъ на *эфирѣ*, на той разлитой во всемъ мірѣ средѣ, благодаря которой совершается передача свѣтовой, тепловой и электрической энергіи. Безъ допущенія, что такая среда существуетъ, было бы невозможно рационально объяснить большей части явленій.

---

ФИЗИЧЕСКІЕ ОПЫТЫ БЕЗЪ ПРИБОРОВЪ.

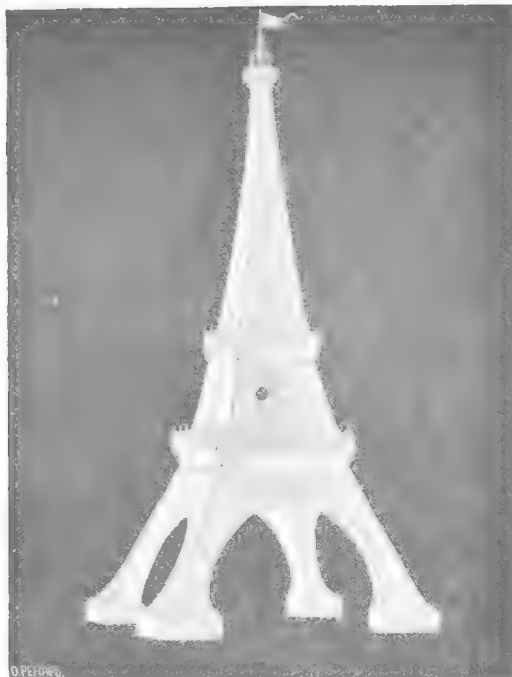
## Физическіе опыты безъ приборовъ.

### ПЕРВЫЙ ОПЫТЪ.

(Оптика).

#### Субъективныя изображенія.

Если, хорошо освѣтивъ это бѣлое изображеніе Эйфелевой башни какимъ-нибудь источникомъ свѣта (напр., лампою), разсматривать его, сосредоточивая взглядъ на находящемся въ серединѣ башни черномъ кружкѣ, въ теченіе 20, 30:



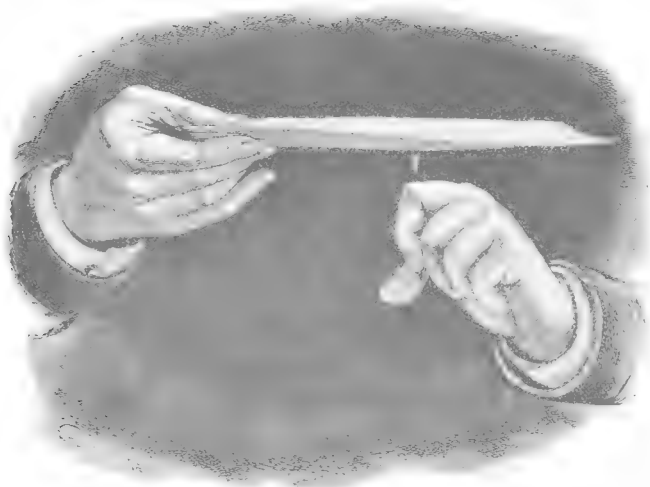
или 40 секундъ (продолжительность разсматриванія зависитъ отъ глазъ наблюдателя), а затѣмъ перевести глаза на потолокъ — на наиболее ярко освѣщенное мѣсто ( потолокъ долженъ быть бѣлый) — или на хорошо освѣщенный листъ бѣлой бумаги, то изображеніе башни Эйфеля представится намъ *чернымъ*, причемъ черныи фонъ рисунка покажется *бѣлымъ*. Если произвести тотъ же опытъ съ *краснымъ* изображеніемъ башни, то оно покажется *зеленымъ*, *желтая* башня представится *фиолетовой*, и т. д.

## ВТОРОЙ ОПЫТЪ.

## (Электричество).

## Извлеченіе элентрической исыры изъ листа бумаги.

Электрическую искру можно получать весьма простымъ способомъ. Листъ бумаги, нагрѣтый съ обѣихъ сторонъ, кладутъ на деревянный столъ въ темной комнатѣ и ладонью проводятъ по нему разъ 15, 20 въ одномъ и томъ же на-



правленія (при этомъ рука должна быть совершенно суха). Если затѣмъ снять бумагу со стола, къ которому она прилипла, и приблизить къ ней палецъ (такъ, какъ показано на фигурѣ), то появится *электрическая искорка*. Для указанного опыта годятся всѣ сорта бумаги; мы успѣшно производили его съ обыкновенной почтовой, пасчей, пропускной бумагой, но лучше всего для этой цѣли прочная, глянцевитая бумага.

## ТРЕТІЙ ОПЫТЪ.

## Летающій голубъ Архиты.

Тотъ же *листъ бумаги*, который во второмъ опытѣ служилъ намъ для полученія электрической искры, послужитъ намъ теперь для воспроизведенія знаменитаго опыта Кирхера.



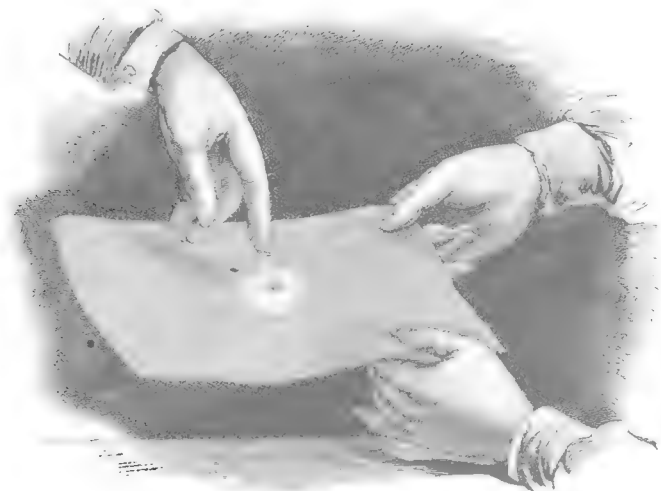
Роль голубя играетъ здѣсь кусочекъ тонкой и легкой бумаги, прикрѣпленный къ одному изъ концовъ тонкой нитки. Листъ бумаги сперва нагреваютъ, потомъ сильно натираютъ ладонью, какъ было указано во второмъ опытѣ, и снимаютъ со стола.

Если теперь къ этому листу приблизить голубокъ, то послѣдній станетъ притягиваться бумагой, но не прилипнетъ къ ней, такъ какъ этому помѣшаетъ нитка.

## ЧЕТВЕРТЫЙ ОПЫТЪ.

Полученіе электрическаго свѣта, молніи при помощи листа бумаги и монеты.

*Листъ бумаги, нагрѣтый и натертый рукою совершенно такъ, какъ въ предыдущихъ опытахъ, позволить намъ сейчасъ получить мгновенный электрическій свѣтъ.*



На такой листъ кладутъ серебряную или мѣдную монету. Затѣмъ экспериментаторъ поручаетъ своему помощнику отдѣлать бумагу со стола и приподнять еѣ вмѣстѣ съ лежащею на ней монетою, а самъ приближаетъ палецъ къ монетѣ: тогда вокругъ монеты появляется яркій электрическій ореолъ (разумѣется, опытъ производится въ темнотѣ).



## ПЯТЫЙ ОПЫТЪ.

**Наипростѣйшая элентрическая машина—Вольтовъ электрофоръ, который можетъ быть устроень всякимъ.**

Стоить только приготовить токой же листъ бумаги, какимъ мы пользова-  
лись въ предъидущихъ опытахъ, и къ картонной коробчкѣ, обернутой оловян-



ной бумагой (такою, въ какую завертываютъ шоколадъ), прилѣпить сургучную палочку,—и *электрическая машина* будетъ готова.

Положивъ коробочку на такой листъ бумаги, прикасаются къ ней рукою для того, чтобы сообщить ее съ землею. Затѣмъ поднимаютъ ее за палочку одной рукою и приближеніемъ другой извлекаютъ *электрическую искорку*.

## ШЕСТОЙ ОПЫТЪ.

(МАГНИТИЗМЪ).

## Искусственный магнитъ изъ желѣзной проволоки.

Здѣсь мы укажемъ способъ приготовления искусственныхъ магнитовъ, несравненно болѣе простой, чѣмъ способъ, приведенный въ гл. IV первой кн.

Мы пользовались прокаленной, незаржавленной желѣзной проволокой въ 15 сантим. длиною и въ 2 милл. толщиною. Такую проволоку скручивали между двумя щипцами, по одному направленію, и черезъ какой-нибудь десятокъ поворотовъ она оказывалась уже намагниченной.



Приготовленный такимъ образомъ искусственный магнитъ притягиваетъ желѣзныя опилки, притягиваетъ положенную на воду иглу. Для того, чтобы игла плавала, ее кладутъ на кусокъ пропускной или папиросной бумаги; бумажка скоро тонетъ, игла же остается на поверхности воды. Вмѣсто того, чтобы вложить иглу на бумагу, ее можно воткнуть въ соломинку.

Много разъ повторяя описанный опытъ, мы замѣтили, что проволока намагничивается только въ томъ случаѣ, если при скручиваніи ее держать параллельно земной магнитной оси; если же она направлена перпендикулярно къ этой оси, то опытъ не удается.

## СЕДЬМОЙ ОПЫТЪ.

(Электричество).

## Волосной маятникъ.

Нижеслѣдующій опытъ имѣетъ цѣлью показать присутствіе, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, электричества въ человѣческомъ тѣлѣ. Маятникъ, представленный на фигурѣ, — лабораторный; мы же укажемъ здѣсь, какъ приготовить простой и дешевый маятникъ. Подпорой для всей системы служить широкій кусокъ



пробки. Къ этой пробкѣ прикрѣпляютъ сургучную палочку, въ которую сверху втыкаютъ одинъ изъ концовъ латунной проволоки длиною въ 25 сантим.; конецъ этотъ предварительно нагреваютъ. Къ другому — загнутому концу проволоки привязываютъ шелковую нитку, а къ послѣдней — клочекъ сухихъ волосъ. Если теперь къ этимъ волосамъ приблизить руку, испускающую изъ себя электричество, то клочекъ волосъ будетъ попеременно то притягиваться, то отталкиваться рукою, т.-е. двигаться взадъ и впередъ на подобіе маятника.

Успѣхъ этого опыта зависитъ не только отъ лица, его производящаго, но и отъ наличности извѣстныхъ необходимыхъ атмосферическихъ условій, а потому, какъ и многіе другіе электрическіе опыты, не всегда удается. Но вѣроятность успѣха можно увеличить, если потереть концы ногтей о сукно, шерсть, фланель, предварительно уединивъ себя отъ земли; для такой изоляціи достаточно стать на дощечку, положенную на четырехъ нагрѣтыхъ (и такимъ образомъ высушенныхъ) стаканкахъ.

### ВОСЬМОЙ ОПЫТЪ.

Электрическое притяженіе: пляска каторжниковъ.



*Листъ бумаги, нагрѣтый и затѣмъ натертый сухой рукою на столѣ, пріобрѣтаетъ „притягательную силу“.*

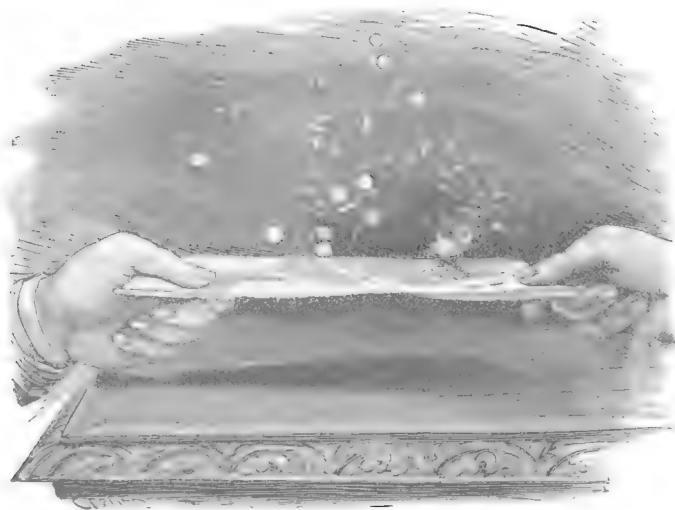
Изъ бумаги вырѣзываютъ нѣсколько человѣческихъ фигурокъ, и къ одной ногѣ каждой такой фигурки привѣшиваютъ, на ниткѣ, дробинку. Если къ этимъ фигуркамъ, разложеннымъ на столѣ, приблизить наэлектризованный листъ бумаги, то онѣ быстро поднимутся и выпрямятся, притягиваясь къ бумагѣ; но при-  
 —————  
 статъ къ послѣдней имъ помѣшаютъ надѣтые у нихъ на ногахъ „кандалы“.

## ДЕВЯТЫЙ ОПЫТЪ.

## Электрическія бомбы.

Этотъ опытъ также производится помощью нагрѣтаго и натертаго листа бумаги.

На такой наэлектризованный листъ, въ то время, когда онъ еще не отдѣ-



леть отъ стола, къ которому онъ пришелъ, кладутъ кусочки бумаги, частицы золы, бузинные шарики, кусочки пробки и т. п. Если затѣмъ листъ поднять со стола, то всѣ эти мелкіе предметы вдругъ влетятъ на воздухъ. Если при этомъ нѣкоторые изъ нихъ будутъ оставаться на листѣ, то достаточно приближать палецъ къ нижней поверхности листа для того, чтобы и они тотчасъ же отскочили вверхъ подобно остальнымъ.

## ДЕСЯТЫЙ ОПЫТЪ.

**Электрическая проводимость: назлектризованная птица.**

Если посадить птицу на хорошо высушенную стеклянную трубку или палочку и подъ этой птицей, на столѣ, помѣстить какіе-нибудь легкіе предметы—



кусочки бумаги, бузиновые шарики и т. п., то, прикоснувшись къ птицѣ назлектризованной (трениемъ о кусокъ сукна или фланели) сургучной палочкой, увидимъ, что всѣ эти легкія тѣла—кусочки бумаги, бузиновые шарики и т. п. отскочатъ отъ стола и пристанутъ къ птицѣ.

## ОДИННАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

**Электрическое отталкивание: наэлектризованный бумажный снопок.**

Листъ плотной бумаги разрѣзываютъ на тонкія полоски, полоски эти нагрѣваютъ, складываютъ вмѣстѣ и, держа ихъ одной рукой, натираютъ ихъ дру-

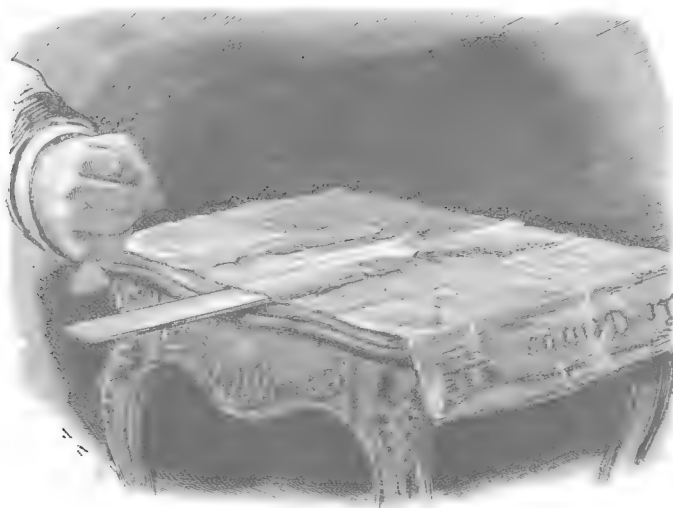


гой рукой на столѣ, проводить по нимъ нѣсколько разъ по всей ихъ длинѣ. Если теперь снять эти полоски со стола, то онѣ, оказываясь наэлектризованными, будутъ отталкивать одна другую—разойдутся и образуютъ нѣчто въ родѣ бумажнаго снопа.

## ДВѢНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

## Атмосферное давленіе: ударъ кулакомъ.

Дощечку длиною въ 50, шириною въ 12—15 сантим. кладутъ на столъ такъ, чтобъ она выдавалась за край стола немного меньше, чѣмъ на половину, т.-е.



сантиметровъ на 20—22. Часть этой дощечки, лежащую на столѣ, покрываютъ газетою, которую платно прижимаютъ къ столу, особенно у самой дощечки.

Если на этотъ конецъ дощечки, который выдается за край стола, надавить пальцемъ, то онъ легко подается внизъ. Если же объ этотъ конецъ изъ всей силы ударить кулакомъ, то противоположный конецъ не поднимется—скорѣе дощечка переломится.

Этотъ опытъ доказываетъ существованіе атмосфернаго давленія.

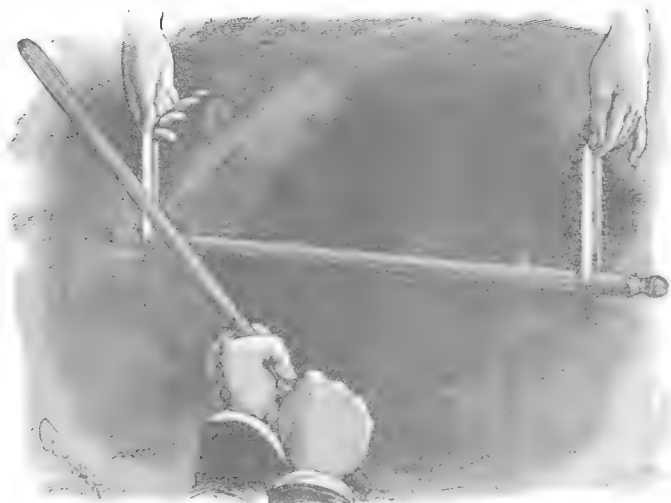


## ТРИНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Инерція).

Опытъ Раблэ.

„Панюржъ взявъ два стакана, наполнивъ ихъ водою и положилъ въ нихъ древко копья такъ, чтобъ оно опиралось на стаканы своими концами. Затѣмъ онъ взялъ толстое бревно и, обратившись къ Пантагрюэлю и всѣмъ прочимъ, сказалъ: „Господа, вотъ такъ, какъ я сейчасъ сломяу это древко, не только не разбивъ стакановъ, но и не проливъ ни капли воды, такъ мы разобьемъ



нашихъ дисководъ, не потерявъ ни капли крови, не потерпѣвъ ни малѣйшаго урона. Возьмите это бревно, Эстенъ, и ударьте имъ, что есть силы, о средину“. Эстенъ исполнилъ приказаніе и переломилъ древко пополамъ, не проливъ ни капли воды“.

Этотъ весьма старинный опытъ, описанный нами по Раблэ (Пантагрюэль, кн. II, гл. XXVII), можно видоизмѣнить слѣдующимъ образомъ. Метловище вѣшаютъ на двухъ бумажныхъ петляхъ (какъ показано на фигурѣ) и сильно ударяютъ по нему тяжелой палкой; тогда метловище переломится раньше, чѣмъ колебанія успѣютъ дойти до бумажныхъ полосокъ, которыя поэтому и остаются цѣлы.

## ЧЕТЫРНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Оптика).

## Преломленіе свѣта, разсѣивающія чечевицы.

На средину глубокой тарелки съ водой кладутъ какую-нибудь монету и опрокидываютъ надъ последнею стаканъ, у котораго дно достаточно толсто и имѣетъ слегка двояковогнутую форму. Введя въ стаканъ загнутую стеклянную трубочку, перегнутую соломенку, либо мягкую каучуковую трубочку, вытягиваютъ тѣмъ воздухомъ изъ-подъ стакана, и въ образующееся такимъ образомъ пустое пространство входитъ вода изъ тарелки.



Если теперь наблюдатель помѣстится въ А, то онъ увидитъ монету въ настоящую ея величину. Видимая величина монеты зависитъ отъ положенія глаза по отношенію къ боковой поверхности.

При положеніи наблюдателя въ В монета представляется ему въ уменьшенномъ видѣ; это зависитъ отъ того, что дно стакана дѣйствуетъ, какъ двояковогнутая, или разсѣивающая чечевица. Кромѣ того, монета кажется приподнятой, что объясняется преломленіемъ лучей при переходѣ ихъ изъ воды въ воздухъ.

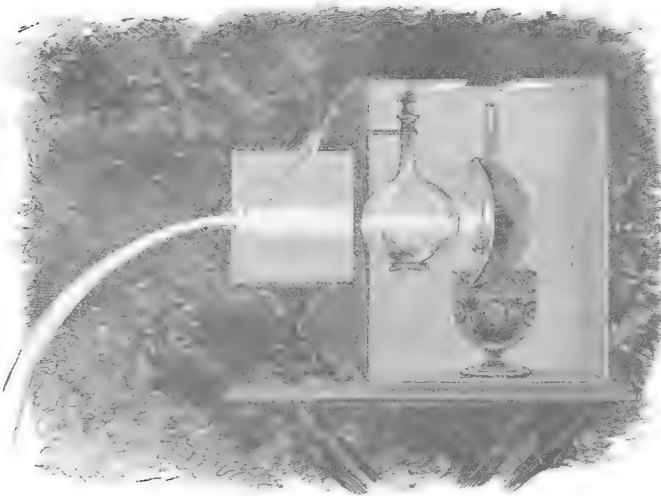
Наконецъ, если наблюдатель помѣщается въ С, то монета кажется ему увеличенной; увеличеніе это происходитъ вслѣдствіе преломленія лучей, идущихъ отъ монеты, боковою стѣнкою стакана.

## ПЯТНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Оптика).

## Свѣтящійся фонтанъ.

Въ 1864 г. Колладонъ указалъ въ академіи наукъ, что если при помощи надлежащимъ образомъ расположенной собирающей чечевицы направить пучекъ свѣтовыхъ лучей въ струю воды, то свѣтъ, разъ вошедши въ струю, уже не выйдетъ изъ нея. На этомъ-то открытіи и основаны такъ-называемые свѣтящіеся фонтаны. Опытъ Колладона можно воспроизвести весьма простымъ спо-



собомъ. Лампа, снабженная рефлекторомъ, бросаетъ яркій пучекъ лучей на помѣщенный передъ нею сферическій графинъ, исполняющій роль двояковыпуклой чечевицы. Передъ графиномъ ставятъ какой-нибудь четырехъугольный сосудъ, въ который по трубкѣ притекаетъ прозрачная вода. Въ стѣнкѣ, обращенной къ графину, имѣется стеклянное окошко, пропускающее свѣтъ отъ лампы; въ противоположной стѣнкѣ сдѣлано отверстіе, черезъ которое вода вытекаетъ. Пучекъ лучей, дошедши до этого отверстія, падаетъ на вытекающую изъ послѣдняго параболическую струю подъ такимъ угломъ, что претерпѣваетъ въ ней полное внутреннее отраженіе и потому изъ нея не выходитъ. Благодаря этому, струя принимаетъ огненный видъ, особенно если ее разбить. Такой огненный снапъ окрашиваютъ въ желаемый цвѣтъ, помѣщая между графиномъ и четырехъугольнымъ сосудомъ соотвѣтствующее цвѣтное стекло.

## ШЕСТНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Атмосферное электричество).

## Возвратный ударъ и громоотводъ.

Такой же точно наэлектризованный листъ бумаги, какими мы пользовались въ предшествующихъ опытахъ, послужитъ намъ здѣсь грозовымъ облакомъ.

Помѣстивъ этотъ листъ надъ бумажной фигуркой, лежащей на столѣ (въ одной ногой приклеенной къ послѣдней облаткѣ), заставляемъ ее встать, вы-



прямиться и развести свои руки и ноги. Если затѣмъ коснуться листа пальцемъ, то листъ разрядится, т.-е. ударитъ молнія и вліяніе прекратится: фигурка вдругъ придетъ въ нейтральное состояніе, она испытаетъ сильнѣйшее сотрясеніе—такъ-называемый *возвратный ударъ*—она будетъ поражена молніей.

Если, помѣстивъ надъ фигуркой наэлектризованный листъ, установить подъ нея, на столѣ, вязальную иглу, то фигурка не наэлектризуется черезъ вліяніе нашимъ грозовымъ облакомъ и будетъ оставаться лежать, какъ и въ отсутствіи такого облака. Это потому, что электричество, притягиваемое облакомъ изъ земли или стола, вытекаетъ черезъ остріе вязальной иглы и нейтрализуетъ противоположное электричество облака. Вязальная игла играетъ здѣсь роль *громоотвода*.

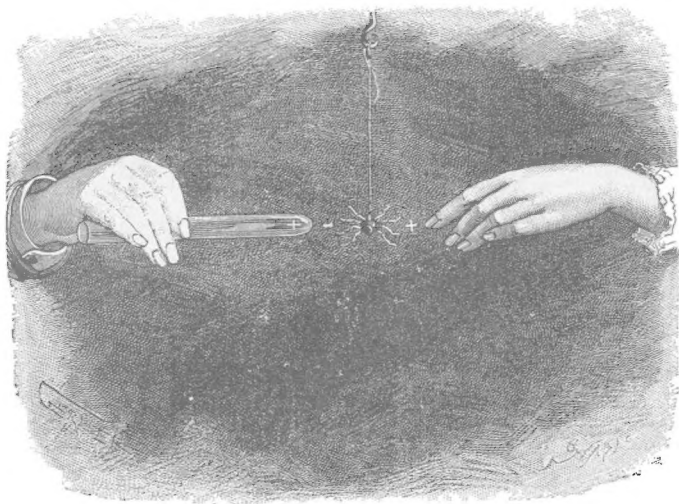
## СЕМНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Электрическія притяженія и отталкиванія.)

## Франклиновъ паукъ.

Паукомъ служить здѣсь зачерненный кусочекъ пробки съ прикрѣпленными къ нему коротенькими ниточками, изображающими ножки. Паукъ этотъ подвѣшивается на шелковникѣ.

Если къ нему поднести стеклянную трубку, наэлектризованную (положительно) треніемъ о кусокъ шерстяной или шелковой матеріи, то паукъ, оказав-



шись въ электрическомъ полѣ, и самъ наэлектризуется черезъ вліяніе и притянется къ трубкѣ; но прикосновеніемъ къ ней онъ заряжается такимъ же электричествомъ, какимъ заряжена она, и потому тотчасъ же отталкивается отъ нея. Если, отходя отъ трубки, паукъ встрѣтитъ какой-нибудь проводникъ, сообщенный съ землею (напр., руку наблюдателя), то онъ разрядится, но вслѣдъ за тѣмъ, снова наэлектризовавшись черезъ вліяніе стеклянной трубкой, онъ притянется къ послѣдней и тотчасъ же опять оттолкнется, и т. д. Такимъ образомъ паукъ будетъ совершать маятникообразное движеніе между трубкою и рукою до тѣхъ поръ, пока не истратится электричество первой.

## ВОСЕМНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Передача давленія въ газахъ.)

Поднятіе груза ничтожною силою.

Если на резиновый или бычачій пузырь, въ который вставлена тоненькая трубочка, положить дощечку, а на середину этой послѣдней — гирю, напр., десятикилограммовую, и въ трубочку ртомъ легонько вдуть воздухъ, то дощечка



выбѣтъ съ лежащей на ней гирей поднимется. Если дощечка прилежитъ къ пузырю площадью, въ 500 разъ большею сѣченія трубочки, то для поднятія 10 килограммовъ, потребуется приложить къ послѣдней давленіе, въ 500 разъ меньшее 10 килогр., т.-е. 20 граммовъ.

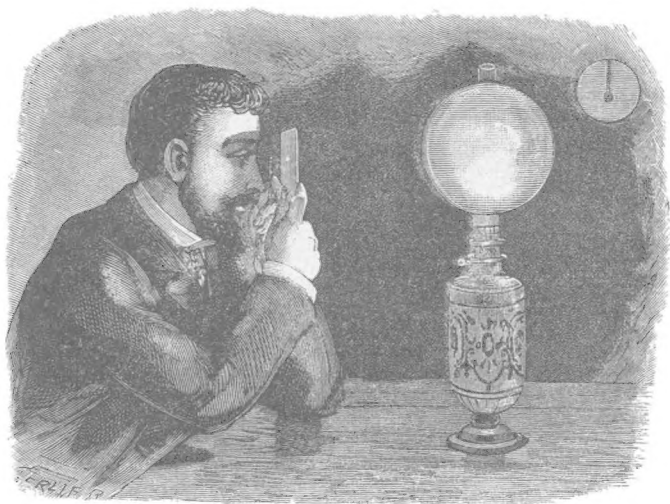
Этотъ опытъ доказываетъ, что давленія, производимыя на газъ, передаются во всѣ стороны, съ силою, пропорціональною получающимъ ихъ поверхностямъ.

## ДЕВЯТНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Оптика )

## Опронинутая булавка.

Если, ставъ противъ свѣта, разсматривать булавку, держа её головкой вверхъ очень близко отъ глаза, а за булавкой держать кусокъ картона съ малымъ отверстіемъ, то булавка представится намъ головкой книзу. Если перемѣщать булавку передъ отверстіемъ справа надѣвно, то намъ покажется, что она передвигается слѣва направо, и наоборотъ



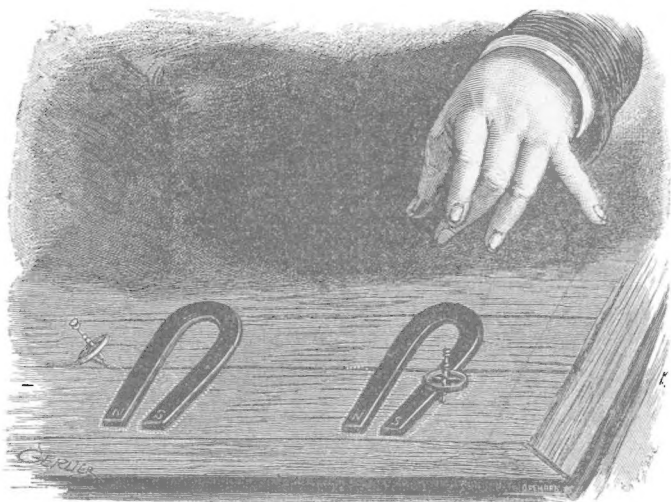
Явленіе это не можетъ покуда получить вполне удовлетворительнаго объясненія, такъ какъ мы еще не знаемъ достовѣрно, почему мы видимъ предметы въ прямомъ видѣ, несмотря на то, что они рисуются на сѣтчаткѣ въ обратномъ видѣ. Предположить-ли, что дрессировка глаза не дѣлаетъ своего обычнаго дѣла именно въ этомъ случаѣ, допустить-ли, что глаза, тоже какъ разъ въ этомъ случаѣ, не можетъ относить къ надлежащимъ точкамъ впечатлѣнія, получившіяся на ретинѣ, — во всякомъ случаѣ будетъ еще непонятно, почему булавка кажется намъ перемѣщающейся въ обратномъ направленіи.

## ДВАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Магнетизмъ.)

## Движеніе вдоль магнитныхъ полюсовъ.

Вотъ опытъ, на первый взглядъ кажушійся поразительнымъ. Если волчокъ съ жѣлѣзнымъ остриемъ заставить вращаться около подковообразнаго магнита, то въ то время, когда волчокъ вертится около выпуклой части магнита, т. е. около нейтральной линіи, мы не замѣчаемъ никакого притяженія, не происходитъ ничего интереснаго. Но если волчокъ, вращаясь по направленію стрѣлки (см.



правую фигуру) приблизится къ срединѣ южной вѣтви S, онъ тотчасъ приметъ опредѣленное движеніе: устремившись вдоль этой вѣтви къ вершинѣ полюса, онъ обойдетъ южный полюсъ и будетъ двигаться дальше вдоль внутренней стороны полюса, пока не дойдетъ до точки, лежащей какъ разъ противъ начала пройденнаго пути; въ этой точкѣ волчокъ останавливается и дальше не идетъ. Но стоить теперь слегка толкнуть его для того, чтобы онъ отошелъ отъ южной вѣтви, подошелъ къ сѣверной вѣтви N и устремился вдоль этой вѣтви къ вершинѣ сѣвернаго полюса; обойдя эту вершину, волчокъ станетъ двигаться вдоль наружной стороны сѣверной вѣтви до тѣхъ поръ, пока не дойдетъ до точки, лежащей противъ точки выхода.

Для того, чтобы волчокъ прошелъ тотъ же путь, но въ обратную сторону, стоить только завертѣть его теперь по противоположному направленію.